



Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för Veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Institutionen för kliniska vetenskaper

Dopplerultraljudsundersökning av böjsenor och gaffelband i kliniskt normala metakarpalregioner på sju hästar

August Nilsson

Uppsala

2012

Examensarbete inom veterinärprogrammet

*ISSN 1652-8697
Examensarbete 2012:8*

SLU

Sveriges lantbruksuniversitet

Dopplerultraljudsundersökning av böjsenor och gaffelband i kliniskt normala metakarpalregioner på sju hästar

August Nilsson

Handledare: Charles Ley, Institutionen för kliniska vetenskaper, avdelningen för bilddiagnostik

*Biträdande handledare: Marie Rhodin, Institutionen för kliniska vetenskaper;
Helena Pettersson, UDS, avdelningen för bilddiagnostik*

Examinator: Ove Wattle, Institutionen för kliniska vetenskaper

*Examensarbete inom veterinärprogrammet, Uppsala 2012
Fakulteten för Veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för kliniska vetenskaper
Kurskod: EX0239, Nivå X, 30hp*

Nyckelord: vaskularisering, senor, ligament, häst, Doppler, ultraljud

*Online publication of this work: <http://epsilon.slu.se>
ISSN 1652-8697
Examensarbete 2012:8*

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sammanfattning	1
Summary	2
Introduktion	3
Litteraturöversikt	4
Gråskale-ultraljud och doppler	4
Ultraljudsartefakter	6
Inställningar på ultraljudsapparaten i tidigare studier	7
Anatomi	7
Senors anatomi	10
Ultraljudsanatomi	10
Histologi	11
Lameness-locator	12
Palpatoriska förändringar	13
Patologiska förändringar	13
Lokalisering, diagnos och läkning	13
Akuta förändringar	13
Kroniska förändringar	14
Vaskularisering i normala senor kontra patologiskt förändrade	15
Häst	15
Människa	15
Tidigare studier med dopplerultraljud på häst	16
Metod för att beskriva vaskularisering	16
Behandling	17
Material och metod	17
Hästar och undersökningsgång	17
Undersökningsområden	18
Tolkning av bilderna	20
Resultat	22
Diskussion	28
Slutsats	30
Tack Till	31
Referenser	31

SAMMANFATTNING

Skador på senor och ligament är vanliga och ofta allvarliga på både människor och hästar. Vid kroniska senskador har det konstaterats, med hjälp av både histologi och ultraljudsteknik, en neovaskularisering dvs. en inväxt av blodkärl i den skadade senan på både människor och hästar. Sedan ultraljud började användas för att titta på senor i början av 80-talet, har en kontinuerlig förbättring av utrustning och kunskap lett till att det idag är möjligt att se dessa kärl även i kliniskt normala senor och ligament på människor. Inom humansidan har ett flertal studier gjorts där man tittat på vaskularisering i senor med ultraljud Doppler men på häst finns endast ett mindre antal sådana studier. I de studier som gjorts på häst har kärl endast hittats på kroniskt skadade senor och ligament. I denna studie undersöktes förbestämda områden i gaffelbandet, ytliga och djupa böjsenan samt djupa böjsenans förstärkningsband i ett framben på sju ridhästar med ultraljud Doppler. Hästarna i studien var ohalta på det ben som undersöktes och de visade inga tecken på senskada vid palpation eller gråskale-ultraljundsundersökning inom det undersökta området. Sammantaget hittades kärl i gaffelbandet och i djupa böjsenan på samtliga hästar, i ytliga böjsenan på sex av sju hästar och i djupa böjsenans förstärkningsband i två av sju hästar. Detta är studie där kärl i senor och ligament kunnat påvisas med hjälp av ultraljud Doppler i kliniskt normala hästar.

SUMMARY

Tendon injuries are common and often serious in both man and horses. Neovascularisation has been found in chronic tendon injuries both with histology and diagnostic ultrasound. There has been a continual improvement in ultrasound equipment and knowledge since its development in the early 80's and today is possible to see blood vessels even in clinically normal tendons and ligaments in humans. In human medicine a number of studies have looked at the vascularisation of tendons with Doppler ultrasound but in equine medicine very few studies have been done. In the studies performed on horses blood vessels have only been found in chronically injured tendons and ligaments. In this study predetermined regions of the suspensory ligament, the superficial and deep digital flexor tendon and the inferior check ligament of the deep digital flexor tendon were examined with Doppler ultrasound in a forelimb in seven riding horses. The horses in the study were not lame on the examined limb and showed no sign on tendon injury with palpation or grayscale ultrasound examination within the examined area. Blood vessels were found in the suspensory ligament and deep digital flexor tendon of all horses, in the superficial flexor tendon in six out of seven horses, and in the accessory ligament of the deep digital flexor tendon in two out of seven horses. This is the first report of blood vessels being detected using Doppler ultrasound in tendons and ligaments of clinically normal horses.

INTRODUKTION

Senskador är en vanlig och allvarlig skada hos sporthästen och några av de vanligast förekommande senskadorna är skador på ytliga böjsenan och gaffelbandet (Dyson, 1991; Dowling *et al.*, 2000; Crowe *et al.*, 2004). Dessa skador är erfarenhetsmässigt svårbehandlade och resulterar ofta i nedsatt prestationsförmåga eller ett förtida avslutande av tävlingskarriären (Crowe *et al.*, 2004; Dyson, 2004).

Ultraljudsdopplerteknik är överlägset andra bilddiagnostiska metoder för att detektera och monitorera hyperemi (ökad vaskularisering) i inflammerade strukturer (Terslev *et al.*, 2001). Vaskulära förändringar har setts histopatologiskt i kroniskt skadade böjsenor (Strömberg, 1971) och gaffelband (Dyson, 1995). Även med ultraljudsdoppler kan dessa blodkärl ses i kroniskt skadade senor och gaffelband (Kristoffersson *et al.*, 2005; Boesen *et al.*, 2007). Ultraljudsapparater finns tillgängliga på de flesta hästmottagningar och ultraljud är den i praktiken mest använda bilddiagnostiska metoden för att undersöka senor och ligament. Således kan dopplerteknik vara användbart både för att diagnosticera och monitorera sen- och ligamentskador hos hästar.

På humansidan har man sett att blodflödet i akillessenan hos människor utan symptom på smärta kan ligga på nivåer detekterbara med doppler (Boesen *et al.*, 2006). Akillessenan på människa har många likheter med ytliga böjsenan på häst, både i struktur och när det gäller matrixkomposition (Dowling *et al.*, 2000). Det finns blodkärl i senor och ligament på hästar och det är allmänt känt att även dessa strukturer är vaskulariserade (Strömberg, 1971; Sønnichsen, 1972; Dyson, 1995; Kraus-Hansen *et al.*, 1992; Beck *et al.*, 2011). Det finns emellertid oklarheter kring hur många kärl som kan detekteras i kliniskt normala senor och ligament med hjälp av ultraljudsdoppler.

Det finns kopplingar mellan neovaskularisering (nybildning av kärl), i både senor och ligament, och smärta (Bjur *et al.*, 2005; Gisslén *et al.*, 2005; 2007). Efter en skada följer en inväxt av kärl som en del av en normal läkningsprocess, en process som tar veckor till flera månader (Strömberg, 1983). Behandling av neovaskulariseringen på kroniskt skadade senor har på människor (Alfredsson *et al.*, 2005; 2006; Zeisig *et al.*, 2006; Lind *et al.*, 2006) och häst (Boesen *et al.*, 2007) gett lovande resultat. Nerver tros följa de nya blodkärlen och orsaka smärta. Behandlingarna som Alfredsson *et al.* (2005; 2006), Zeisig *et al.*, (2006), Lind *et al.* (2006) och Boesen *et al.*, (2007) beskriver görs med sklerotiserande medel som ultraljudsguidat deponeras precis vid de nybildade kärlen. Blodkärlen sklerotiseras och försvinner och med dem även nerverna, och därmed smärtan. Omfattningen av blodkärl i en kroniskt skadad sena skulle teoretiskt därför med hjälp av ultraljud kunna bedöma graden av smärta för patienten, och därmed avgöra prognos och val av behandlingsmetod.

Tidigare studier av hästar med senskador har konstaterat att kärl lättast hittas på obelastat ben på en ansträngd häst (Kristoffersen *et al.*, 2005; Boesen *et al.*, 2007). På humansidan har man sett att ansträngning underlättar detektionen av kärl i akillessenan (Boesen *et al.*, 2006). Ansträngningen tros öka blodflödet och därmed detektionen av kärl, medan belastning tros pressa ihop blodkärlen vilket gör de svårare att hitta. Flera studier bl.a. Kristoffersen *et al.*

(2005), Gisslén *et al.* (2005; 2007), och Boesen *et al.* (2006) framhåller vikten av att ultraljudsundersökaren har god vana, samt att det är samma person som genomför alla undersökningar. På så sätt skiljer sig genomförandet av undersökningarna och tolkningarna av resultaten inte sig åt från undersökning till undersökning.

På häst används doppleraktivitet som ett diagnostiskt verktyg precis som det tidigare använts på humansidan. Det är av yttersta vikt att veta vad som är normalt för att sedan kunna avgöra vad som är patologiskt, bl.a. för att kunna utvärdera läkning och behandlingsresultat samt för att kunna uttala sig om prognos.

Syftet med denna studie är att försöka se om det är möjligt att se dessa blodkärl i senor och gaffelband i metakarpalregionen med hjälp av dopplerultraljud hos hästar som inte uppvisar hälta, palpatoriska- eller patologiska gråskale-ultraljudsmässiga förändringar i senorna på det undersökta frambenet. Syftet är även att jämföra dopplerundersökning på belastat och upplyft ben samt mellan ansträngda hästar och hästar som fått stå och vila. Detta gjordes för att se hur ansträngning och belastning spelar in och för att undersöka hur ett optimalt undersökningsprotokoll kan se ut. Författaren genomförde också delar av dopplerundersökningen för att se skillnaden i resultat mellan en person är erfaren och en som är oerfaren med ultraljudsundersökningar.

Hypotesen var att kärl skulle hittas i de undersökta strukturerna, att det skulle vara enklare att se kärlen på obelastat jämfört med belastat ben, samt vara enklare på en häst som varit utsatt för ansträngning i jämförelse med en som stått och vilat. Vidare förväntades det att det skulle finnas en synbar skillnad i resultaten mellan den person som var erfaren avseende ultraljudsundersökningar jämfört med den som var oerfaren.

LITTERATURÖVERSIKT

Gråskale-ultraljud och doppler

Vid ultraljudsundersökning används en ultraljudsgivare, även kallad probe. Denna hålls vanligtvis i handen av den som undersöker och läggs an mot de strukturer som skall undersökas. Proben innehåller piezoelektriska kristaller, dessa genererar vid elektrisk påverkan högfrekventa ljudvågor som förmår penetrera kroppsvävnad. Ljudvågorna reflekteras i varierande grad i olika vävnader och material tillbaka till kristallerna där de omvandlas till olika starka elektriska impulser. Det är dessa reflekterade ljudvågor som sedan åskådliggörs på ultraljudsapparatens bildskärm. Då många ljudvågor reflekteras blir bildskärmen vit och ju färre desto svartare. På bildskärmen ser man även på vilket djup olika strukturer ligger på då hastigheten i olika vävnader är relativt konstant vilket innebär att det tar längre tid för ljudvågorna att återvända från djupare delar i vävnaden.

Tack vare att vävnader har olika transmissionsegenskaper ses övergångar mellan olika vävnader tydligt med ultraljud. Övergångar som är stora i förhållande till ljudvågens våglängd ses tydligare, detta ger att högre frekvens ger tydligare övergångar. Det skiljer inte så mycket i transmissionsegenskaper mellan de flesta mjukvävnader i kroppen. Det innebär att de flesta

av ljudvågorna fortsätter ner på djupet, en del av ljudvågorna reflekteras dock vid övergångarna och det är denna typ av 'specular reflection' som ger vävnaderna sina gränser mot varandra. Dock blir det stora skillnader i transmissionsegenskaper när ljudvågorna kommer till gas eller ben. Detta leder till att nästan allt ljud reflekteras eller speglas vid en sådan övergång i vävnad och väldigt få ljudvågor fortsätter djupare ner i vävnaden, vilket resulterar akustisk skuggbildning (Nyland *et al.*, 2002).

När ljudvågorna stöter på små, ojämna övergångar inne i undersökta strukturer uppstår spridning (scattering) då ljudvågorna inte reflekteras rakt tillbaka till proben utan ändrar riktningar. Olika strukturer i kroppen är uppbyggda på olika sätt och detta leder därmed till att de får olika textur på bildskärmen (Nyland *et al.*, 2002).

Beroende på vilket djup i vävnaden som vill studeras kan frekvensen på ultraljudsvågorna justeras. Ju lägre frekvens desto längre når vågorna, men lägre frekvens ger också sämre bildkvalitet (Nyland *et al.*, 2002).

På flertalet moderna ultraljudsapparater finns möjligheten att använda dopplereffekten för att mäta flödet i blodkärlen i de strukturer som undersöks. Om flödet är mot givaren så blir frekvensen på de återvändande ljudvågorna högre än de utsända. Tvärtom så blir frekvensen på de återvändande ljudvågorna lägre än de utsända om flödet är bort från sändaren (se figur 1). Med hjälp av frekvensskillnaden mellan de skickade och de inkomna ljudvågorna kan man sedan räkna ut flödeshastigheten i blodkärlen som man undersöker, ju högre frekvensskillnad desto högre hastighet (Nyland *et al.*, 2002). Ultraljudsapparaterna kan tolka informationen på olika sätt bl.a. med en färgskala som gör både flöde och flödesriktning tydlig (färgdoppler). På vissa ultraljudsapparater finns det en inställning som kallas powerdoppler och då registreras inte flödesriktning utan endast flöde. Färg/powerdoppler är en etablerad teknik för att mäta blodflöde och har framgångsrikt använts för att bedöma lokal hyperemi vid exempelvis senskador. Mängden färgpixlar i en region återspeglar blodflödesmängden i det undersökta området (Boesen *et al.*, 2006). Powerdopplerinställningen är känsligare på att upptäcka flöde och är också mindre beroende av att kärlet träffas med rätt vinkel jämfört med konventionell färgdoppler. Fler egenskaper som skiljer är att med färgdoppler visas medelfrekvensskiftet som uppstått när ljudvågorna träffat på något som rör sig men med powerdoppler ses dock den integrerade energin, "power" i området. Frame raten är långsammare med powerdoppler dvs. bilden uppdateras mer sällan, även känsligheten för artefakter vid rörelse är större med powerdoppler. Mindre bakgrundsbrus ses med powerdoppler och gain kan sättas högre vilket innebär att de återkommande ljudvågorna kan amplifieras mer (Nyland *et al.*, 2002). Samma samband som för gråskale-ultraljud finns när det gäller frekvens, djup och bildkvalitet. Alltså är bildkvaliteten bättre desto högre frekvens, detta innebär att känsligheten för att med hjälp av dopplerultraljud försämrats med ökad vävnadsdjup.

Det finns ett flertal olika inställningar på ultraljudsapparaten som påverkar möjligheten att detektera blodkärl och en av dessa är pulsrepetitionfrekvensen. En hög pulsrepetitionsfrekvens innebär att givaren skickar ut pulser ofta, vilket är bra då höga flöden

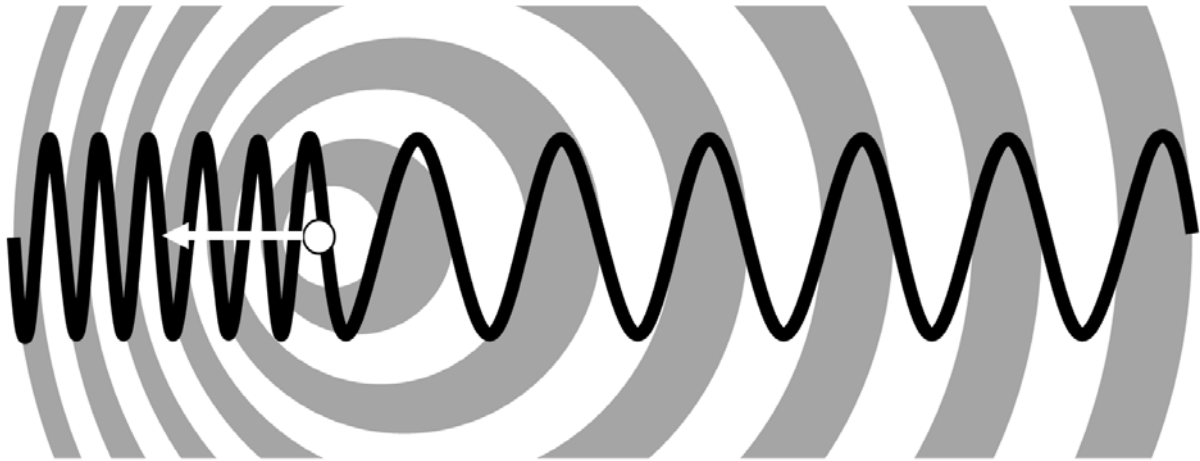
skall mätas med stor noggrannhet. Skall låga flöden som t.ex. venöst blodflöde mätas är det dock bättre att använda sig av en lägre pulsrepetitionsfrekvens, eftersom ultraljudsmaskinen med hjälp av filter sorterar bort låga flöden då en hög pulsrepetitionsfrekvens väjs (Torp-Pedersen *et al.*, 2008). Risken är dock större för artefakter, som exempelvis aliasing då en låg pulsrepetitionsfrekvens används. Artefakter kan uppstå av flera olika anledningar, bland annat på grund av att det är mycket rörelse i och runt det område som undersöks.

Ultraljudsartefakter

Detta är typiska artefakter som ses vid dopplerundersökningar:

- Blixtartefakter är ett plötsligt utbrott av färgsignal över den ram som är inställd för doppler. Det kan uppkomma pga. rörelse av proben, patientens andning, hjärtats slag eller liknande då rörelse uppstår. De inkommande ljudvågorna studsar då inte tillbaka med samma frekvens som de sändes eftersom de reflekteras från vävnad i rörelse vilket kan ge förvirrande dopplersignaler.
- Anisotropi är motsatsen till isotropi och bl.a. senor är anisotropa dvs. fibrerna är ordnade i en viss riktning och inte jämt ordnade i alla riktningar. Detta innebär att senor kan se väldigt olika ut beroende på med vilken vinkel ultraljudet träffar senan. Träffas senan med så lite som 2° snett från det lodräta planet kan det innebära att de flesta ljudvågorna reflekteras bort från proben vid vävnadsövergångar och därmed kan en missvisande eller till och med helt svart bild ses (Conelly *et al.*, 2001). Detta är viktigt eftersom senskador ofta kan ge ett liknande, mörkt intryck. För dopplerultraljud blir resultatet att om ljudvågorna inte reflekteras tillbaka till proben så kan inte heller eventuella kärl detekteras.
- Aliasing är en av de mest välkända artefakter när färgdoppler används och det uppstår när dopplerskiftet (skiftet av frekvens) är högre än halva pulsrepetitionsfrekvensen (Nyquists gräns). Samplingsfrekvensen är direkt beroende av pulsrepetitionsfrekvensen och är den frekvens varmed man samlar in data. Ett stort djup gör att pulsrepetitionsfrekvensen måste vara låg då ljudet behöver längre tid för att reflekteras, detta ger också en låg samplingsfrekvens. Då samplingsfrekvensen är låg kan alltså ultraljudsapparaten uppfatta ett högt blodflöde mot sändaren vilket ger ett dopplerskifte och en högre frekvens på det återkommande ljudet som en låg frekvens eftersom alla svängningar inte registreras. Det är alltså samma fenomen som gör att propellrar och vagnshjul ser ut att snurra baklänges på gamla filmer med låg framerate. Denna artefakt uppstår ej i powerdoppler eftersom varken hastighet eller flödesriktning mäts (Torp-Pedersen *et al.*, 2008) Denna typ av artefakt uppstår alltså när blodflödet är kraftigt eller pulsrepetitionsfrekvensen är låg och torde alltså inte vara något större problem vid mätning av små och ytliga blodkärl som i denna studie.
- Skivtjockleksartefakter uppstår på grund av att den skickade ultraljudsstrålen inte är obegränsat tunn utan faktiskt har en utbredning, dvs. en tjocklek på en till flera millimeter (beroende på frekvens). Då en del av en ultraljudsstråle exempelvis hamnar utanför ett blodkärl som går på en sena kan studsande ljudvågor från denna del av ultraljudsstrålen göra att blodkärlet ser ut att ligga inne i senan. Skivtjockleksartefakter kan reduceras genom att frekvensen höjs samt att fokuszonerna ställs in på de undersökta områdena.

- Avståndsartefakter uppstår när pulsrepetitionsfrekvensen är för hög i förhållande till det djup som den dopplerultraljudsundersökta regionen ligger på. Om en andra puls sänds innan den först sända pulsen hunnit reflekteras kan ultraljudsapparaten inte skilja mellan de två reflekterade signalerna. Detta gör att pulsrepetitionsfrekvensen måste minska med ökat djup.



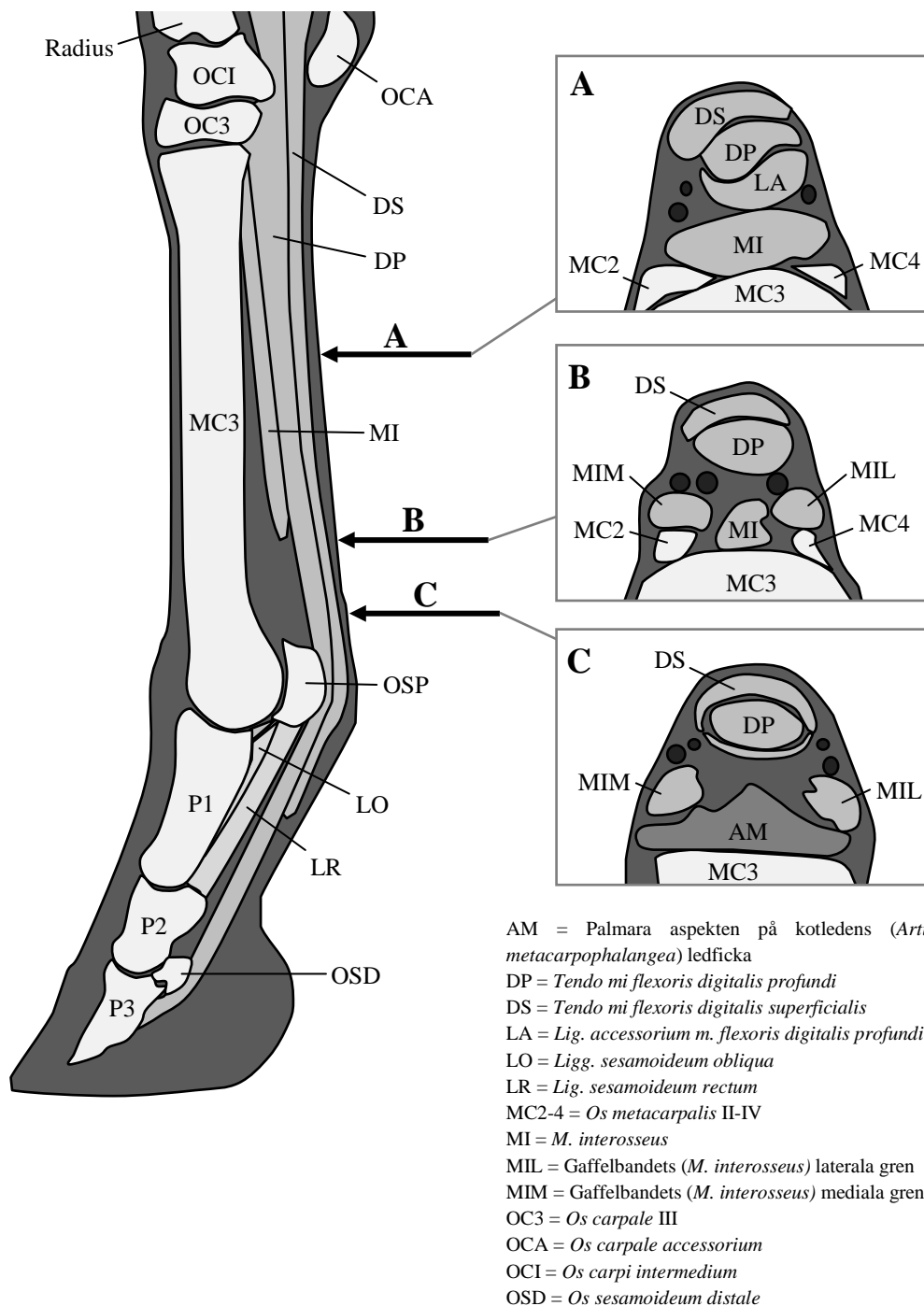
Figur 1. Dopplereffekten, ett objekt i rörelse från vänster till höger. Objektet kan tänkas som en ambulans i färd, frekvensen på ljudet är högre då ambulansen är på väg emot dig än den den kör bort. Denna effekt används också inom doppleultraljud där flöde ändrar de inskickade ljudvågornas frekvens.

Inställningar på ultraljudsapparaten i tidigare studier

Olika frekvenser, apparater och inställningar har använts i de olika studierna. För gråskale-ultraljud användes mellan 8 MHz (Gisslén *et al.*, 2005; 2007) och 15 MHz (Bosch *et al.*, 2011) och för färgdoppler mellan 6,6 MHz (Bosch *et al.*, 2011) och 10-13MHz (Kristoffersen *et al.*, 2005). I samtliga studier inom både human- och hästmedicin användes färgdopplerinställningar som optimerades för att mäta låga flöden och brusfiltret sattes så lågt som möjligt.

Anatomi

Ytliga böjsenan, *flexor digitorum superficialis*, blir subkutan efter att den dyker fram ur karpalkanalen och ger den kaudala avgränsningen av det tredje metakarpalbenet (MCIII). Den omsluter sedan den djupa böjsenan, *flexor digitalis profundus*, i nivå med kotsenbenen och fäster sedan in på den distala delarna av kotbenet och på kronbensbrosket (Dyce *et al.*, 2002).



Figur 2. Metakarpalregionens anatomi (Modifierad efter Craychee, 1995)

Gaffelbandet, *musculus interosseus*, är ett starkt, smalt och mestadels tendinöst band. Gaffelbanden i frambenen utgår från det palmar karpalligamentet och närliggande delar av MCIII, fortsätter distalt mellan griffelbenen, delar sig något ovanför kotleden och fäster in på kotsenbenen (se figur 2 och 3). Från respektive infästning utgår sedan grenar av gaffelbandet som fäster in med den långa tåsträckaren (Dyce *et al.*, 2002).

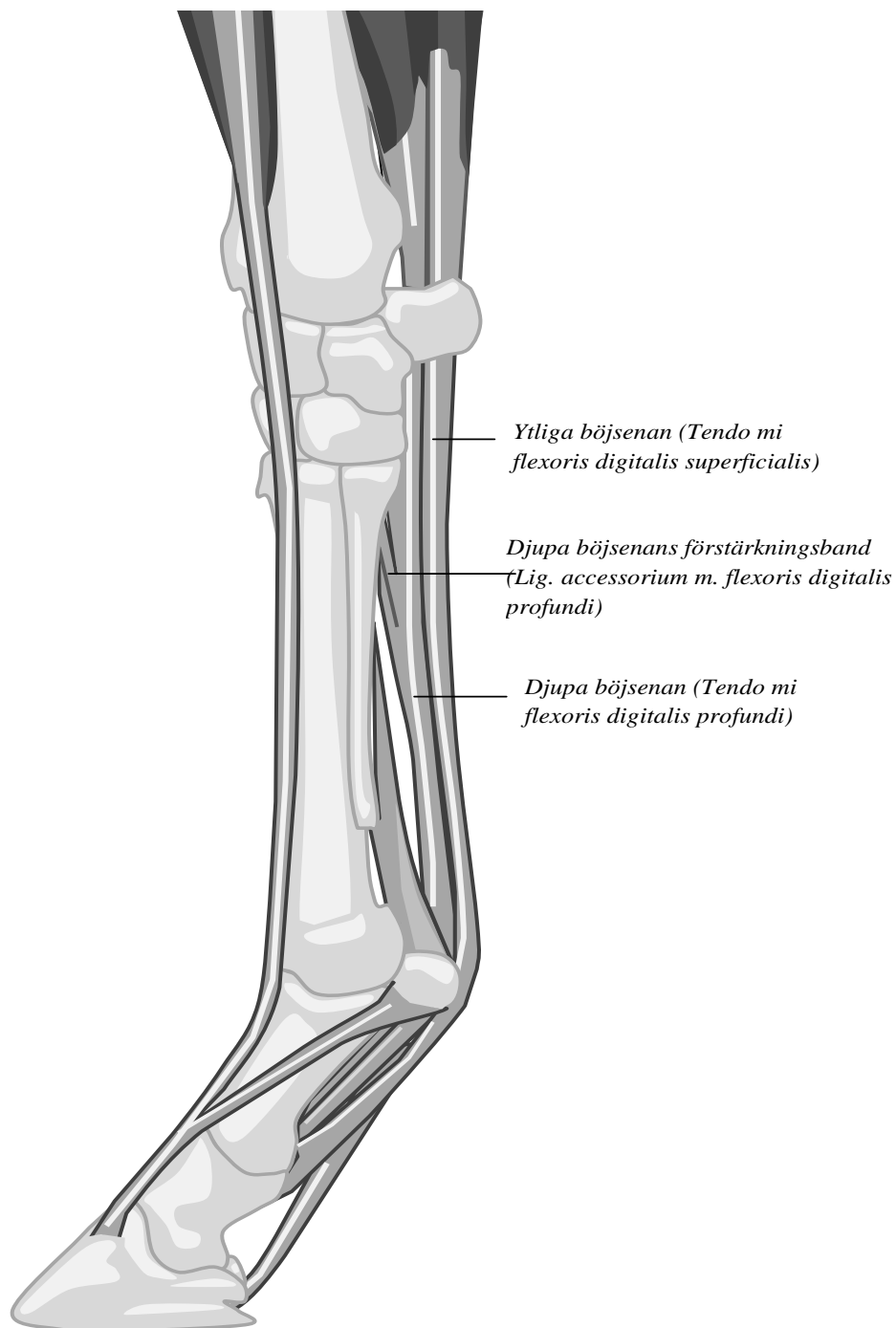
Följande engelska förkortningar används ofta i den vetenskapliga litteraturen:

SDFT = Ytliga böjsenan (superficial digital flexor tendon)

DDFT = Djupa böjsenan (deep digital flexor tendon)

ICL = Djupa böjsenans förstärkningsband (inferior check ligament)

LBSL = Lateral gaffelbandsgrenen (lateral branch of the suspensory ligament)



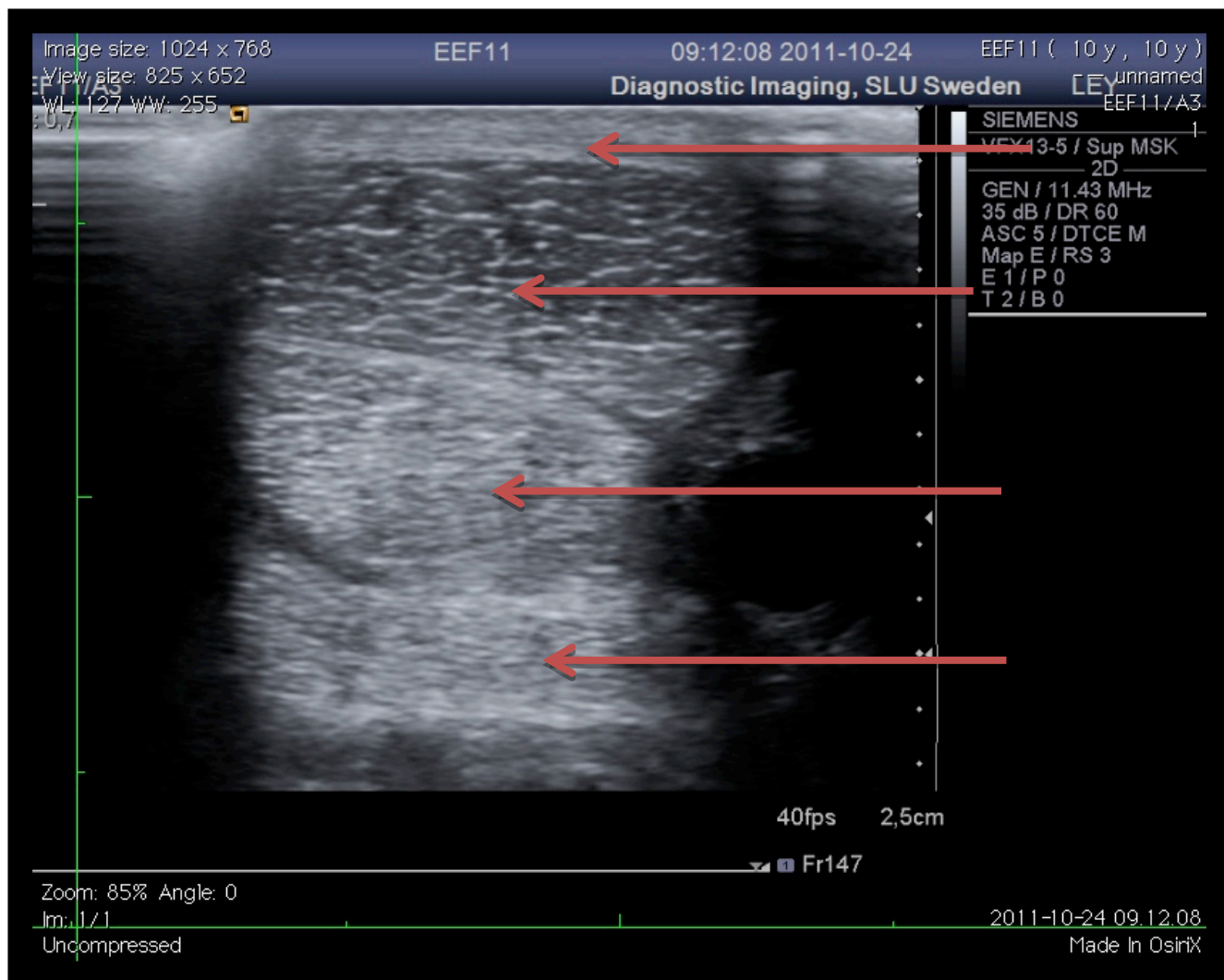
Figur 3. Metakarpalregionens anatomi

Senors anatomi

Senor är uppbyggda av kollagenfibrer som är grupperade tillsammans i större och större subenheter som omges av lös bindväv som kallas endotendon. Endotendon för med sig blodkärl och nerver och fortsätter mot utsidan av senan som epitenon. Utanför detta lager runt senor som inte är omgivna av senskidor finns ett tjockare lager som kallas paratenon. Paratenon tros spela en viktig roll både för att reducera friktion mellan senan och omgivande mjukvävnad och som en försörjare av nya blodkärl och celler vid reparation. De områden där senan löper över en led är den ofta innesluten i en senskida. Inne i senskidan finns en synovialliknande vätska. Senskidan består i sin tur av en yttre fibrös vägg och ett inre synovialmembran. Ett flertal s.k. mesotenons som ofta för med sig blodförsörjning till senan delar upp senskidan i olika avdelningar (Auer *et al.*, 2006).

Ultraljudsanatomi

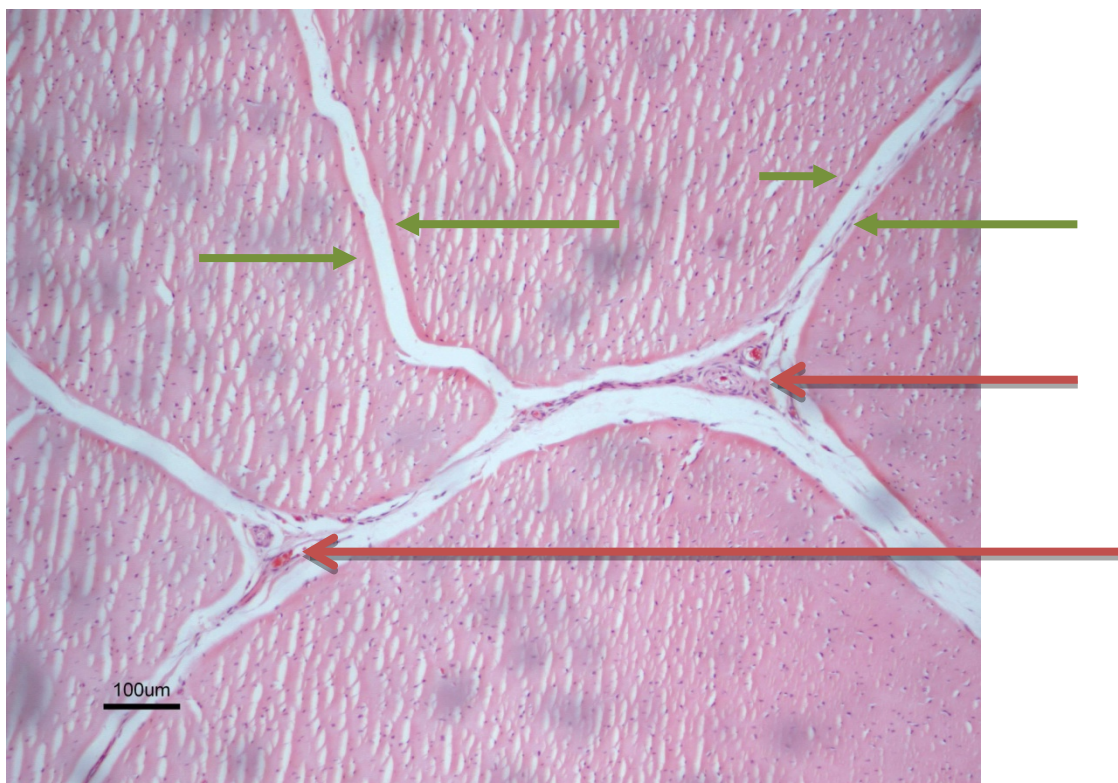
Gråskale-ultraljud är ett utmärkt sätt att titta på mjukdelsvävnad då gränser mellan vävnader och vävnaders olika textur synd tydligt, i figur 4 illustrerar tydligt skillnader mellan olika senor och vävnader. Ultraljud började användas för att titta på senor i början av 80-talet. Sedan dess har utrustningen som används och kunskapen inom området ökat kontinuerligt. Då senor och ligament undersöks och utvärderas tittar man på storlek, form, ytstruktur, position och fibergruppering (Genovese *et al.*, 1998).



Figur 4. Normalt ultraljudsutseende, överst ses huden, sedan ytliga böjsenan, djupa böjsenan och djupa böjsenans förstärkningsband, alla markerade med varsin pil.

Histologi

Strömberg tittade redan 1971 på vaskularisering i ytliga böjsenan och kunde konstatera att vid övergången mellan muskel och sena fortsatte några av de perimysiala blodkärlen som epitel eller endotendonkär. Där ytliga böjsenan fortfarande löper i karpalsenskidan kommer ett flertal måttligt stora kärl in via mesotenon. Vid karpalsenskidans distala ände går två måttligt stora artärer in i senan och grenar sig sedan medialt och lateralt och blodförsörjer de proximala och mittersta delen av senan. I detta område finns ett grovmaskigt nätverk av para- och epitenösa blodkärl. Epitenösa kärl kommunicerar genom transversella endotenösa grenar med longitudinella intratendinösa kärl. Vid senans distala infästning går några små periostala kärl in i senan. De intratendinösa kärl som sågs var mestadels longitudinella. Från de longitudinella kärlen utgår ett fint kapillärnätverk som formas i endotenon runt senfibrerna (se figur 5). I studien fann Strömberg att den proximala delen av senan var mest kärlförsörjd och Sønnichsen (1976) fann att blodförsörjningen i böjsenorna mellersta del sker genom ett större antal fina kärlförgreningar via paratenon.



Figur 5. Normal yttig böjsena, de röda pilarna pekar på blodkärl i senan. De olika knippena med senfibrer omges av tunn bindväv så kallad endotendon (markeras på några ställen med små gröna pila).

Lameness-locator

Då det enligt flera studier föreligger skillnader mellan hur olika veterinärer uppfattar olika hältor samt kan bli påverkade av yttre faktorer vid sin bedömning så har man länge forskat för att på ett objektivt standardiserat sätt kunna bedöma hältor och rörelseasymmetrier hos hästar. Olika system har utvecklats och ett av de senaste kallas "lameness locator". Tekniken började utvecklas på University of Missouri i USA och är ursprungligen ett navigationssystem bestående av accelerometrar och gyrometrar som kan mäta förändringar i hastighet, acceleration och läge. Genom att bearbeta informationen i ett dataprogram kan hästens rörelsemönster mätas och utvärderas. Eventuella asymmetrier i hästens huvud eller bäckenrörelser registreras och det eller de ben som orsakar asymmetrin kan bestämmas (Keegan *et al.*, 2004). Resultaten åskådliggörs sedan på dataskärmen och kan skrivas ut. Gränsvärden finns och är satta på den nivå där veterinärer med blotta ögat ofta kan uppfatta asymmetrier i rörelserna. Det är ganska vanligt att hästar är något asymmetriska, och etiologin är väldigt bred. Enligt en ännu ej publicerad studie av Haffling, gjord 2011 var 66% (35 av 53) av de hästar av halvblodstyp som användes till hoppning och dressyr som hon undersökte asymmetriska på ett eller flera ben.

Palpatoriska förändringar

Palpatoriskt undersöks strukturerna i metakarpalregionen med avseende på svullnad, tjocklek, värme och smärta. En kombination av alla dessa faktorer eller dess förekomst var för sig ger alltså undersökaren skäl att undersöka vad som kan ligga bakom patologin. Den palpatoriska undersökningen skall göras på både upplyft och belastat ben. Vidare på upplyft ben kan man med fingrarna försöka känna att det går att separera den djupa böjsenan från den ytliga (Davis *et al.*, 2002).

Patologiska förändringar

Det finns ett flertal begrepp som kan användas när det gäller senskador. Bland dessa finns tendinos, tendinit och tendinopati. Tendinos kallas ibland kronisk tendinit, kronisk tendinopati eller helt enkelt kronisk senskada. Ordet tendinos betyder alltså att det är en kronisk degeneration av senan utan inflammation. Tendinit betyder att senan är inflammerad, efter en större, akut skada följer ofta inflammation som därefter övergår i tendinos. Tendinopati är den bredaste termen och innefattar såväl tendinos som tendinit och betyder att senan är patologiskt påverkad.

Lokalisering, diagnos och läkning

Hos hästar är tendinos i frambenens ytliga böjsena är en av de vanligaste typerna av senskada. På humansidan är tendinos väldigt ofta lokaliserade till benen och framförallt till patellarsenan och akillessenan. Hos både hästar och människor ställs diagnosen genom en klinisk undersökning och ofta tillsammans med gråskale-ultraljud (Boesen *et al.*, 2007).). Lokaliserad heterogenitet, hypoekogenitet, ökad omkrets och reducerad fibrillär struktur är tecken på tendinopati (Genovese *et al.*, 1998). Auer *et al.* (2006) skriver att akut tendinopati kännetecknas ultraljudsmässigt av förstoring, hypoekogenitet (fokal eller generaliserad), reducerat strieringsmönster på de longitudinella bilderna samt förändringar i form, kantutseende eller position. De kroniska skadorna associeras med variabel grad av förstoring och ekogenitet (ofta heterogen) med ett oregelbundet strieringsmönster.

Det är svårt att dra gränsen mellan ett normalt läkningsförlopp och en kronisk skada. Detta särskilt då en kronisk skada ofta har övergått från en akut skada, som ibland kan reaktiveras om exempelvis läkningen inte fungerat tillfredställande. Utläkning av traumatiska skador i senor är relativt långdraget, och tar aldrig under 3 månader, men oftast minst 6 månader (Strömberg, 1983). I vissa studier har en senskada bedömts som kronisk om den är minst 3 månader (Kristoffersen *et al.*, 2005).

Akuta förändringar

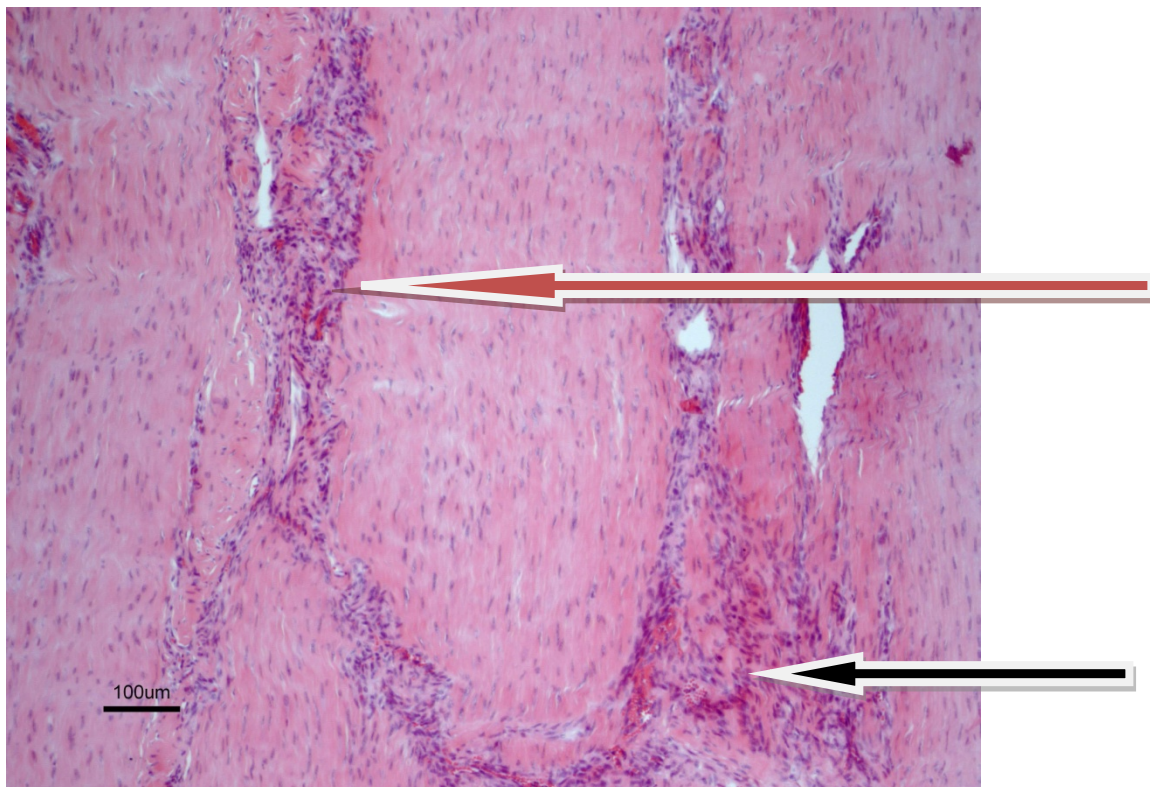
En akut tendinopati kan uppkomma på grund av antingen inre faktorer så som vid överbelastning av en normal sena eller normal belastning av en onormal sena, eller yttre faktorer så som laceration, sticksår eller annat yttre våld mot senan (Scramme *et al.*, 2003). Oftast går inte alla fibrer av, utan grupper av fibrer. En sådan akut skada följs ofta av inflammation, och hältan som hästen uppvisar speglar snarare graden av inflammation än

skadans storlek (Scramme *et al.*, 2003). En belastning av senan tros också kunna ge ischemi i senan under den period den är under maximal belastning, när senan sedan vilas kan reperfusionsskador uppkomma då fria syreradikaler bildas som kan skada celler och matrix (Schramme *et al.*, 2003). Detta skulle kunna leda till en degenererad sena som inte klarar normal belastning. Strömberg (1983) skriver att en akut skada oftast är revaskulariserad efter 14 dagar, medan vaskulariseringsmaximum nås efter 1-2 månader, för att sedan avta successivt.

Kroniska förändringar

Neovaskularisering

Studier på kronisk smärta i akillessenan hos människa har visat att sensoriska nerver löper tillsammans med nybildade blodkärl i senan (Bjur *et al.*, 2005). Dessa tros spela en stor roll för smärtupplevelsen. Teoretiskt så sätter mängden och aktiviteten hos de sensoriska nerverna i området nybildade blodkärl (neovaskularisering), gränserna för smärtan (Gisslen *et al.*, 2007). Eller med andra ord kan man säga att man har sett en association mellan smärta under belastning av senan och neovaskularisering i områden med förändringar i senan (Gisslen *et al.*, 2005). Ökad vaskularisering ses ofta i kroniskt skadade senor och ligament (se figur 6). Strömberg (1983) skriver att en akut skada oftast är revaskulariserad efter 14 dagar, medan vaskulariseringsmaximum nås efter 1-2 månader, för att sedan avta successivt.



Figur 6. Kroniskt skadad yttlig böjsena, notera det oorganiserade utseendet både i och runt blodkärlen (röd pil) och i områden med skadad, regenererad sena (svart pil). Bilden kan jämföras med det normala utseendet i figur 5.

Inflammatoriska mediatorer

På humansidan ses kronisk sensmärta oftast hos motionärer i åldersgruppen mellan 30-60 år. Generellt har dessa kroniska smärtillstånd trots innehålla en inflammatorisk komponent och nomenklaturen som används (tendinit, tendonit) syftar oftast på en inflammatorisk process. Trots att senbiopsier har visat på en avsaknad av inflammatoriska cellinfiltrat, inkluderas ofta antiinflammatoriska läkemedel (NSAID och kortisoninjektioner) i behandlingen. Det visar sig att vid kronisk smärtsam tendinopati (i achilles-, patellar- och i extensor carpi radialis senan) hittas väsentligt högre koncentration av glutamat, men inte av inflammationsmediatorn PGE₂ jämfört med smärtfria och normala senor (Alfredson *et al.*, 2002). Hur relevant detta är på häst kan diskuteras, där har just PGE₂ nivån ofta använts för att mäta graden av ledinflammation (McIlwraith, 2002).

Glutaminsyra är tillsammans med acetylkolin den viktigaste excitatoriska neurotransmittorn. Dess receptorer är jonkanaler som öppnar för Na⁺ eller Ca²⁺. När en neurotransmittor binder till sin receptor öppnas jonkanalen för influx av dessa ämnen som depolariserar plasmamembranet mot tröskelpotentialen som behövs för att sätta igång en aktionspotential. Stimuleringen av dessa receptorer tenderar därför att leda till att de postsynaptiska cellerna aktiveras (Alberts *et al.*, 2004), vilket bl.a. kan leda till en smärtupplevelse förutsatt att det är smärtreceptor som aktiveras. Detta skulle kunna tyda på att neovaskulariseringen och de medföljande nerverna i kroniskt skadade senor i en mjö med höga nivåer av glutaminsyra är en viktig orsak till smärtan.

Vaskularisering i normala senor kontra patologiskt förändrade

Häst

På häst har intratendinös doppleraktivitet endast setts på individer med senskador (Kristoffersen *et al.*, 2005; Boesen *et al.*, 2007). Dock finns studier där man inte använt sig av dopplerteknik som visar att det finns blodkärl i den ytliga böjsenan (Strömberg, 1971), djupa böjsenan (Beck, 2011) och gaffelbandet (Dyson, 1995).

Människa

På humansidan, precis som på häst, sades det tidigare att blodkärl endast kunde ses med doppler i senor med skador (Ohberg *et al.*, 2001; Koenig *et al.*, 2004). Boesen *et al.* (2006) kunde dock visa att intratendinöst blodflöde kan ses på friska människor. I den studien undersöktes tio icke-rutinmässigt tränande människor som fick springa fem kilometer. Innan löpningen sågs intratendinöst blodflöde i sex achillessenor hos fem individer. Efter löpningen kunde ett intratendinöst blodflöde ses hos åtta av tio individer. Gisslén *et al.* (2005 samt 2007) är något motsägelserfull då han först säger att tack vare det låga blodflödet i normala senor så kan flödet inte bli registrerat med doppler samt att bara höga flödes hastigheter t.ex. som de som ses vid kronisk tendinopati i achillessenan och vid patellar tendinopati kan bli registrerade. Senare skriver han att ifrån studier på juniorvolleybollspelare på elitnivå har setts vaskularisering i patellarsenan även på smärtfria senor samt frånvaro av vaskularisering i smärtpåverkade senor. Detta innebär att inom humansidan kan doppleraktivitet i senor inte längre likställas med patologi i samtliga fall där det ses. Även om doppleraktiviteten var

betydligt högre i de patienter som hade kronisk tendinos jämfört med de normala senorna så skulle ett tröskelvärde vara värdefullt då tekniken hela tiden utvecklas (Boesen *et al.*, 2006). Denna teknikutveckling leder med säkerhet till en ökad känslighet att detektera blodkärl, både normala och förändrade. Andra faktorer som skulle kunna påverka resultatet av dopplerundersökning som Boesen *et al.* (2006) föreslår som är applicerbara på häst är hudtemperatur och tid på dygnet.

Tidigare studier med dopplerultraljud på häst

På häst är tre publicerade studier gjorda inom området neovaskularisering i senor och ligament. I den första studien från 2005 hittade Kristoffersen *et al.* neovaskularisering i områden med strukturella, patologiska förändringar. Studien omfattade tio hästar av ospecifierad ras, ålder och användningsområde med kroniska senskador (> 3 månader) och en kontrollgrupp på sex friska, asymptomatiska hästar. Hästarna longerades 15 minuter innan dopplerundersökningen som gjordes på upplyft ben. I alla med symptomatiska senor hittades nybildade blodkärl i områden med strukturella senförändringar. I kontrollgruppen med friska hästar hittades inga motsvarande blodkärl. I den andra studien från 2007 kunde Boesen *et al.* se liknande förändringar med färg-doppler på fyra hästar med kroniska tendinos som på människor med kronisk tendinopati i akillessenan. Hans studie omfattade fyra hästar av ospecifierad ras, ålder, kön och användningsområde med diagnostiserad unilateral kronisk tendinos i ett av frambenen. Hästarna i studien hade fått vila flera dagar innan undersökningarna. Utseendet på de intratendinösa blodkärl som hittades i de symptomatiska senorna var samma som vid human tendinos. Inga intratendinösa blodkärl sågs när benet var viktbarande eller i motsvarande senor på det friska benet. I den tredje studien från 2011 problematiserar Bosch *et al.* kring senskadors ofta långsamma läkningsprocess. Effekten av blodplättrik plasma, rik på tillväxtfaktorer på neovaskularisering och därmed läkning studerades på experimentellt orsakade senskador på sex holländska halvblod. Enligt Bosch *et al.* (2011) kan senors långa läkningstid bero på dess relativt låga grad av vaskularisering och neovaskularisering ses som något positivt ur läkningssynpunkt.

Vaskularisering har bedömts antingen subjektivt (Kristoffersen *et al.*, 2005, Boesen *et al.*, 2007; Bosch *et al.*, 2011,) eller objektivt genom att använda ett datorprogram där antalet färgpixlar delades med totalt antal pixlar i bilden på sparade bilder från dopplerundersökningen (Boesen *et al.*, 2006).

Metod för att beskriva vaskularisering

Gisslén *et al.* (2005 samt 2007) satte upp en semikvantitativ metod för att beskriva vaskulariseringen inne i senor på människor: inget blodflöde = 0; blodflöde utanför senan = 1; ett eller två blodkärl inne i senan = 2; multipla blodkärl inne i senan = 3. Denna metod används i arbetet men är något modifierad av författaren.

Behandling

På senare tid har ultraljud med färgdoppler visat sig användbart för diagnostik av tendinos och för att följa upp effekten av terapi på humansidan (Koenig *et al.*, 2004; Öhberg *et al.*, 2001). Ett lovande perspektiv av korrekt fastställande av diagnosen är möjligheten att behandla de intratendinösa kärlen med sklerotiserande läkemedel som gjorts på både människa (Alfredsson *et al.*, 2005) och hästar (Boesen *et al.*, 2007). På humansidan har denna behandling visat sig vara framgångsrik för patienter med patellär tendinos, tendinos i achillessenan (Alfredson *et al.*, 2005), tennisarmbåge och impingement syndrome i axeln (Alfredson *et al.*, 2006; Zeisig *et al.*, 2006). De positiva kliniska långtidsresultaten för den nya terapin verkar finnas kvar efter två år (Lind *et al.*, 2006). Bosch *et al.* (2011) ser på neovaskularisering på ett något annorlunda sätt. I hans studie som omfattade akuta, kirurgiskt orsakade skador på den ytliga böjsenan ses neovaskulariseringen som något positivt, som anses påskynda och hjälpa läkningsprocessen i ett mer akut stadie. Blodplättrik plasma används för sina angiogenetiska egenskaper och gav en signifikant ökad neovaskularisering i senan jämfört med placebo, detta ansågs vara något som förbättrade läkningen i den akut skadade senan. Senskador kan som tidigare nämnts delas upp i olika kategorier, akuta, kroniska och avläkande som alla har sin problematik och sina behandlingsmöjligheter.

MATERIAL OCH METOD

Hästar och undersökningsgång

Sju ridhästar, friska enligt ägaren och utan tecken på senskada undersöktes i studien (se tabell 1). De undersökta hästarna var 5-12 år gamla, 4 valacker och 3 ston, 5 halvblod och 2 fullblod. Båda fullblodshästarna hade tidigare tränats som galopphästar tidigare men användes nu som ridhästar. Halvblodshästarna var i träning och användes antingen som dressyr- eller hopphästar. Hästarna kom in till universitetsdjursjukhuset i Uppsala på morgonen och med hjälp av en hästveterinär som arbetar med ortopedi och Lameness-locator konstaterades om hästen rörde sig symmetriskt på rakt spår, denna undersökning genomfördes direkt efter urlastning. 6 av 7 hästar uppvisade asymmetri på ett eller flera ben som var i storleksordningen med en lindrig hälta. Hästarna filmades även för en subjektiv bedömning av hälta. Senorna i metakarpalregionen palperades av en erfaren hästveterinär som arbetar med ortopedi på belastat och obelastat och inga patologiska förändringar kunde hittas på hästarna, men en av hästarna hade en förtjockad karpalkanal palpatoriskt, dock utanför det ultraljudsundersökta området.

På de hästar som uppvisade en asymmetri i trav på rakt eller böjt spår på något framben undersöktes det andra frambenet, på den häst som rörde sig symmetriskt avgjordes valet av ben genom lottnings, endast ett framben per häst undersöktes. Två ultraljudsundersökningar genomfördes, en på morgonen efter ansträngning och en på eftermiddagen efter boxvila (mellan 1h 49 min och 2h 50 min). Samtliga ultraljudsundersökningar ägde rum i en undersökningspista. Innan ultraljudsundersökningarna på morgonen travade hästarna sammanlagt någon minut på asymmetriundersökningen och longerades därefter i trav i 15 minuter. Därefter sederades de med 0,2 ml Cepesedan (detomidin 10mg/ml) samt 0,2ml Butador (butorfanol 10mg/ml), två av hästarna fick 0,1ml extra av respektive substans under

morgonundersökningens gång, se tabell 1. Den palmara metakarpalregionen klipptes med klippmaskin före första undersökningen och tvättades noggrant med tvål och vatten före båda undersökningarna. Ordentligt med ultraljudsgel användes under undersökningarna.

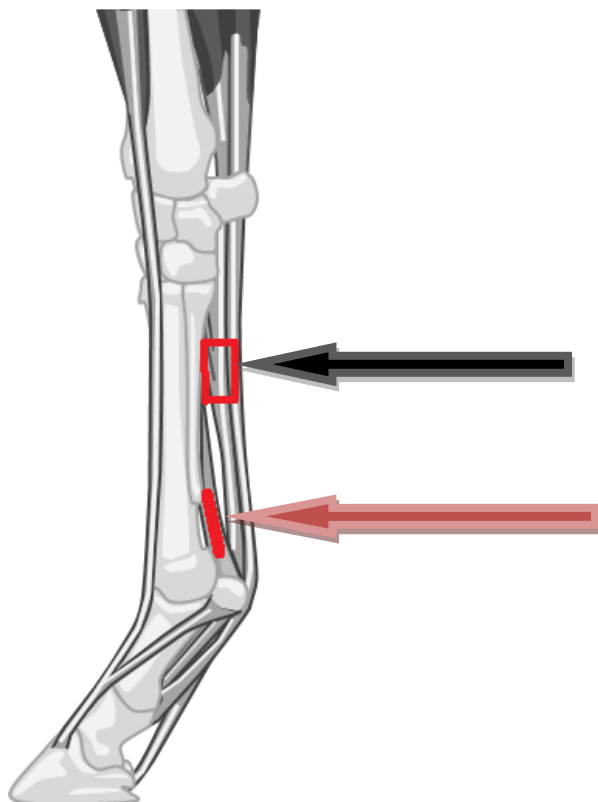
Tabell 1. Beskrivning av undersökta hästar

Häst nr	Kön	Ålder	Anteckningar	Undersökt ben	Asymmetri enligt lameness-locator
1	Valack	12		HF	Asymmetrisk VF
2	Valack	5	Extra sedering, gick ej att undersöka upplyft ben	HF	Asymmetrisk HB och HF på hårt underlag. Symmetrisk på mjukt underlag
3	Valack	5		VF	Asymmetrisk HF
4	Sto	9	Extra sedering	HF	Symmetrisk
5	Sto	5		VF	Asymmetrisk HF
6	Valack	12	Åldersförändringar på gråskale-ultraljud gaffelband, dock ej inom de områden som dopplerundersöktes.	VF	Asymmetrisk HF, framförallt i höger varv
7	Sto	5	Förtjockad karpalkanal på palpation	HF	Asymmetrisk VF

Undersökningsområden

De strukturer som undersöktes var (se figur 7):

- Den laterala gaffelbandsgrenen, från den proximala delen av dess infästning på det laterala kotsenbenet och över ett 4cm lång region i proximal riktning.
- Ett någon cm stort område, 4 cm proximalt om den djupa böjsenans förstärkningsbands proximala kant på infästningen mot djupa böjsenans, där djupa böjsenans, ytliga böjsenans och djupa böjsenans försärkningsband undersöktes.



Figur 7. Hästens framben med de undersökta områdena markerade. Det mest proximala området som markeras med svart pil är området proximalt om djupa böjsenans förstärkningsbands infästning. Det distala området som markeras med röd pil är den laterala gaffelbandsgrenen proximalt om dess infästning på det laterala kotsenbenet.

Först genomfördes grå-skale ultraljud av handledaren Charles Ley, på alla fyra områden. Ultraljudsundersökaren hade tillgång till samtlig information om hästen, inga försök att anonymisera något gjordes. Områdena undersöktes både palmart och lateralt, i longitudinell, transversal riktning. Minsta möjliga djup i bilden användes. Gain ställdes in subjektivt och två fokuszoner användes och ställdes in på en nivå som passade till de regioner som undersöktes. Frekvensen 11,43 MHz användes för gråskale-ultraljudsundersökningen. Undersökningarna genomfördes i tvärsnitt och längdsnitt. Bilder och korta filmklipp sparades från samtliga undersökta områden. Ett så lätt tryck som möjligt från proben mot undersökt vävnad eftersträvades under undersökningens gång. Inga hästar med ultraljudsmässiga förändringar inom undersökta områden inkluderades i studien. För färg- och powerdoppler användes frekvensen 8,9 MHz. Inställningar som optimerade mätning av låga flöden användes och PRF (pulse repetition frequency) 610.

Dopplerundersökningen som genomfördes direkt efter gråskale-ultraljudsundersökningen på:

- Belastat ben med färg- och powerdoppler på samtliga områden i längdsnitt och tvärsnitt

- Upplyft ben (MCIII parallellt med golvet eller karpus böjt 90 grader) med färg- och powerdoppler på samtliga områden i längssnitt och tvärsnitt. Benet hölls uppe av en assistent.

Bilder sparades från samtliga områden där kärl sågs i senor och/eller ligament. Det noterades även skriftligen då kärl hittades. Morgonundersökningen tog sammanlagt mellan 29 och 48 minuter.

Senare under dagen genomfördes dopplerundersökningen igen av Charles Ley på både belastat och obelastat ben, detta efter att hästarna fått stå och vila i en box i minst en och en halv timme. Efter denna undersökning gjorde även författaren en dopplerundersökning på belastat ben för att se om en person med ytterst begränsad ultraljudserfarenhet kunde nå samma resultat som en erfaren ultraljudsexpert. Eftermiddagsundersökningen tog mellan 24 och 59 minuter.

Ultraljudsapparaten som användes var en Acuson Antares Premium Edition 5.0, Siemens Medical Systems, München, Tyskland med en VFX13-5 probe.

Tolkning av bilderna

Kärlens utseende och antal bedömdes sedan ifrån de sparade bilderna med ett subjektivt graderingssystem av författaren. Med A menas att kärlets utseende är relativt runt, med B att kärlet har ett ovalt eller linjärt utseende och med AB att minst ett av kärlen var relativt runt samtidigt som minst ett var ovalt eller linjär, se figurerna 8 och 9.

Inget blodflöde = 0

Ett kärl inne i senan = 1

Två kärl inne i senan = 2

Flera kärl inne i senan = 3

Fokal signal (prick) = A

Linje = B

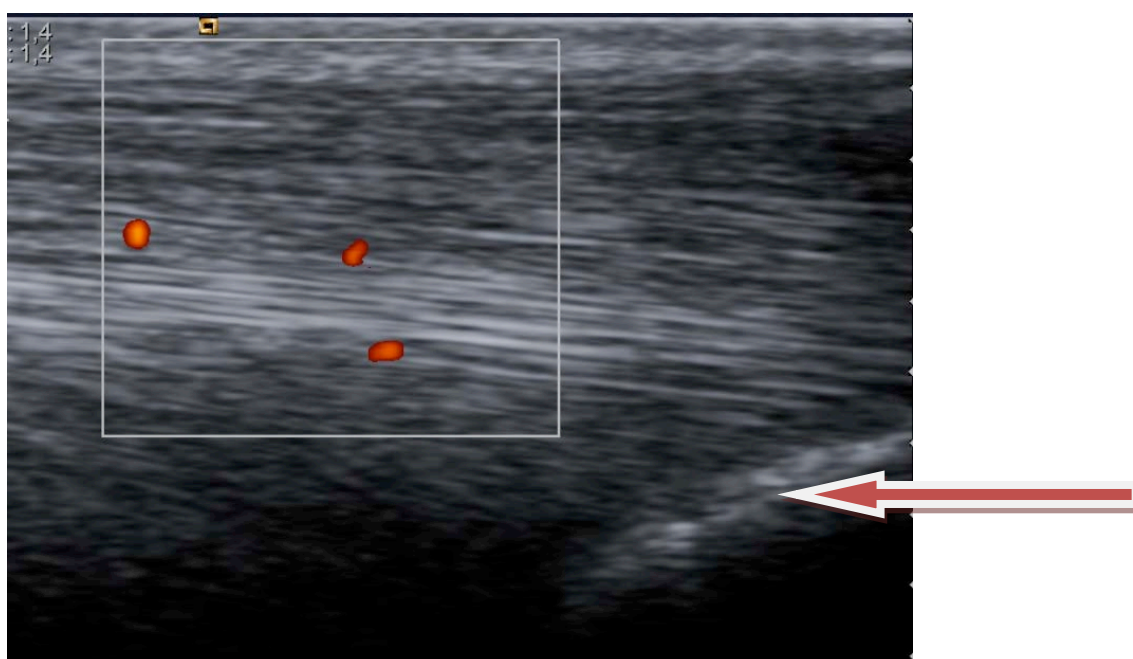
Prick + linje = AB

För att åskadliggöra skillnaden i antal kärl samt subjektiv säkerhet för att det verkligen representerar ett kärl har författaren konstruerat ett subjektivt graderingssystem där antal kärl samt kärlets utseende poängsätts. Långa, linjära dopplersignaler representerar med större sannolikhet ett kärl samt är troligtvis större en fokal signal. I grunden ger alltså en fokal signal två poäng och ett linjärt fyra, detta multipliceras sedan med det antal kärl av den typen som fanns i de sparade bilderna. Poängen adderades sedan för respektive undersökning för att ge resultaten som presenteras i.

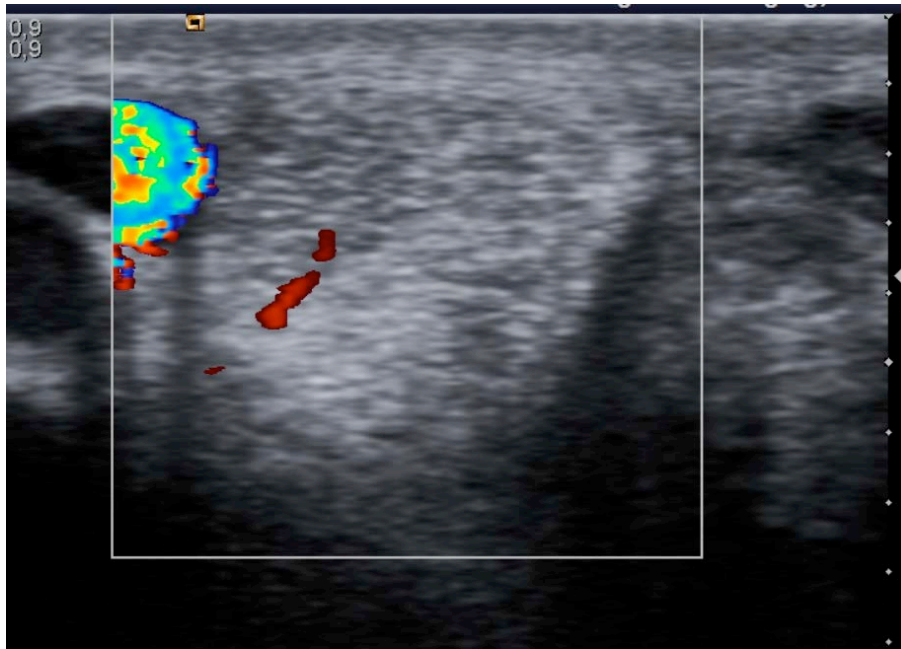
Tabell 2. Poängsättning för olika kärl och kärlkombinationer

Antal kärl	Typ av kärl		
	A	B	AB
1	2p	4p	-
2	4p	8p	6p
3	6p	12p	8p

Poängen adderas sedan ihop för respektive undersökning för att ge resultatet som presenteras i figurerna 10-16.



Figur 8. Longitudinell bild tagen i ett palmarolateralt fönster vid powerdoppleundersökning av den laterla gaffelbandsgrenen. Den röda pilen pekar på dess infästning på det laterla kotsenbenet. Dopplersignalerna i bilden ses som fokala och är enligt graderingsschemat 3A, vilket ger 6 poäng



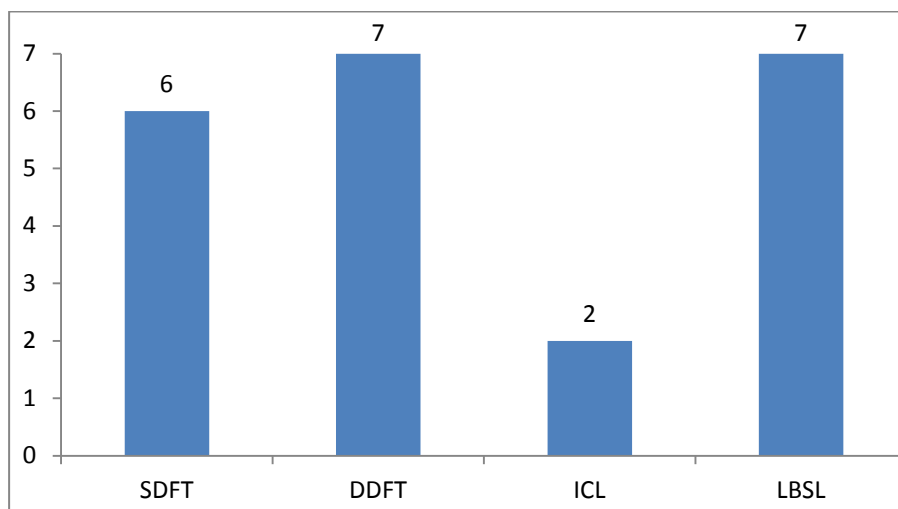
Figur 9. Transversell bild tagen i ett palmarolateralt fönster vid färgdopplerundersökning av den laterala gaffelbandsgrenen. Dopplersignalerna som ses i samma område som i figur 8, tolkas som en sammanhängande linje (1B), vilket ger 4 poäng.affelbandet i ett transversalt snitt.

RESULTAT

Kärl hittades i samtliga undersökta strukturer på någon häst vid något tillfälle. Sammantaget hittades kärl i djupa böjsenan och i den lateral gaffelbandsgrenen på samtliga hästar, i ytliga böjsenan på sex av sju hästar och i djupa böjsenans förstärkningsband på två av sju hästar (se figur 10). I SDFT samt DDFT hittades kärl i 65% av undersökningarna, i ICL i 19% och i gaffelbandet i 96% (se figur 11). Enligt författarens poängsystem fick de kärl som detekterades vid belastat ben fler poäng än obelastat, samtidigt som de kärl som detekterades efter ansträngning fick fler poäng än då hästarna undersöktes efter vila (se figur 12). I figurerna 13-16 visas resultaten för respektive struktur enligt författarens poängsystem. I ytliga böjsenan fick de kärl som detekterades på belastat ben efter vila flest poäng, medan de som detekterades på upplyft ben efter vila fick minst antal poäng (se figur 13). I djupa böjsenan fick de kärl som detekterades på belastat ben efter vila flest poäng, medan de som detekterades på upplyft ben efter ansträngning fick minst antal poäng (se figur 14). I djupa böjsenans förstärkningsband fick de kärl som detekterades på belastat ben efter ansträngning flest poäng medan de kärl som detekterades på belastat ben efter vila fick minst antal poäng (se figur 15). I laterala gaffelbandsgrenen fick de kärl som detekterades på belastat ben efter ansträngning flest poäng medan de kärl som detekterades på belastat ben efter vila fick minst antal poäng (se figur 16). Skillnaden i antal poäng mellan en erfaren och oerfaren ultraljudsundersökare vid undersökning på belastat ben efter vila illustreras i figur 17, den erfarna detekterade kärl som fick en högre poäng i samtliga undersökningar utan i laterala gaffelbandsgrenen där den oerfarna fick något högre poäng.

En typisk lokalisation av vissa blodkärl kunde ses bl.a. ett kärl i gaffelbandet löpande från den abaxiala ytan i en palmarolateral riktning in mot den centrala delen av gaffelbandsgrenen (se

figur 18) samt ett kärl löpande mellan ytliga och djupa böjsenan vars förgrening ofta kunde ses gå in i ytliga och ibland in i djupa böjsenan (se figur 19). Subjektivt upplevdes powerdoppler som något bättre på att återfinna blodkärl, det var dock ingen större skillnad.



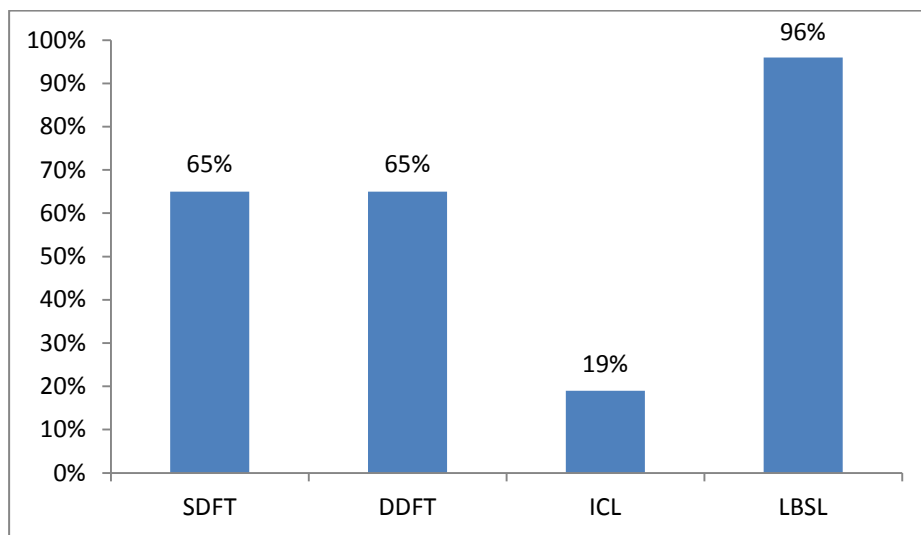
Figur 10. Antal hästar där kärl hittades för respektive struktur, totalt undersöktes 7 hästar.

SDFT = Ytliga böjsenan (superficial digital flexor tendon)

DDFT = Djupa böjsenan (deep digital flexor tendon)

ICL = Djupa böjsenans förstärkningsband (inferior check ligament)

LBSL = Lateral gaffelbandsgrenen (lateral branch of the suspensory ligament)



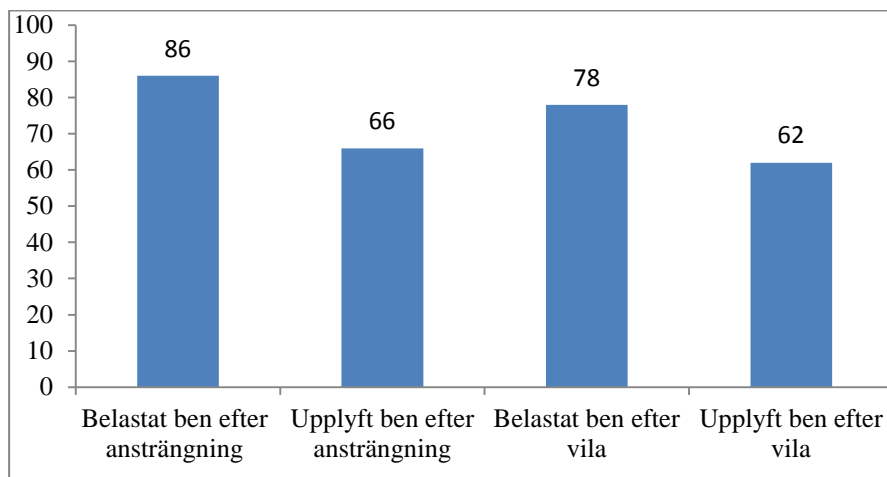
Figur 11. Andel av undersökningarna där kärl detekterades i respektive struktur. 26 undersökningar genomfördes på 7 hästar.

SDFT = Ytliga böjsenan (superficial digital flexor tendon)

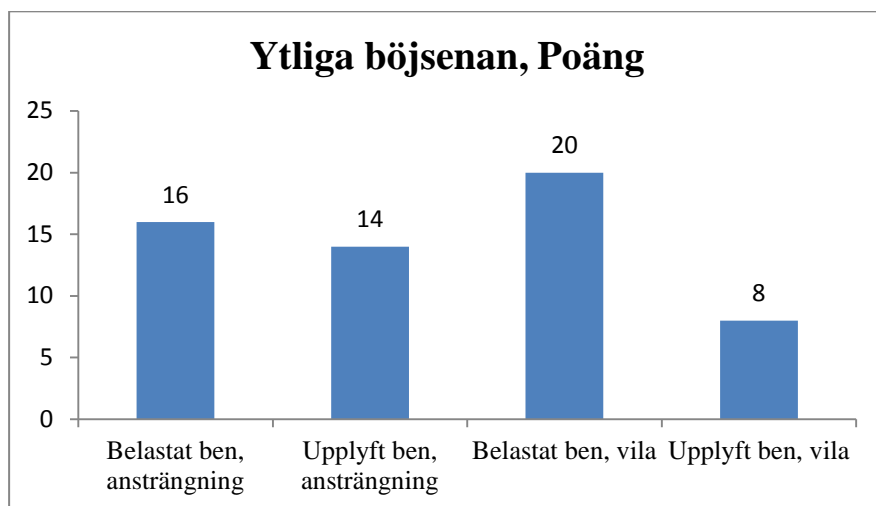
DDFT = Djupa böjsenan (deep digital flexor tendon)

ICL = Djupa böjsenans förstärkningsband (inferior check ligament)

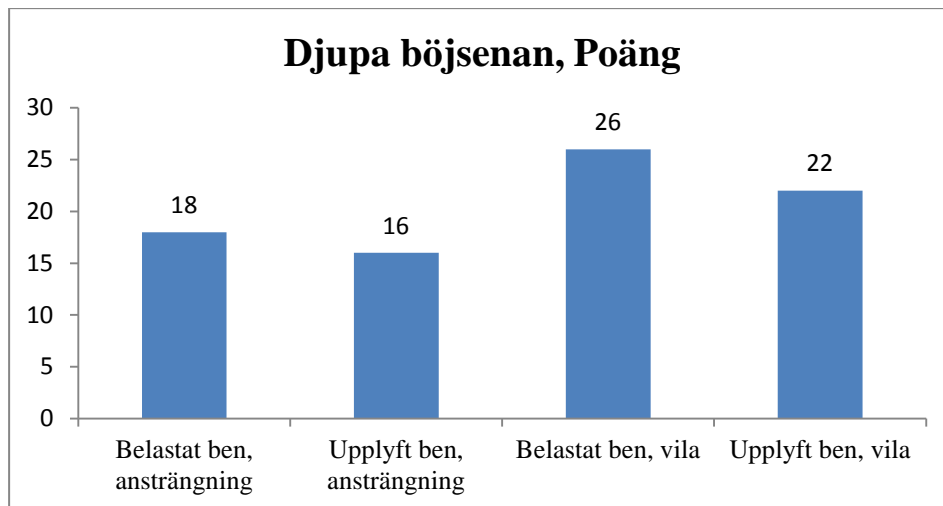
LBSL = Lateral gaffelbandsgrenen (lateral branch of the suspensory ligament)



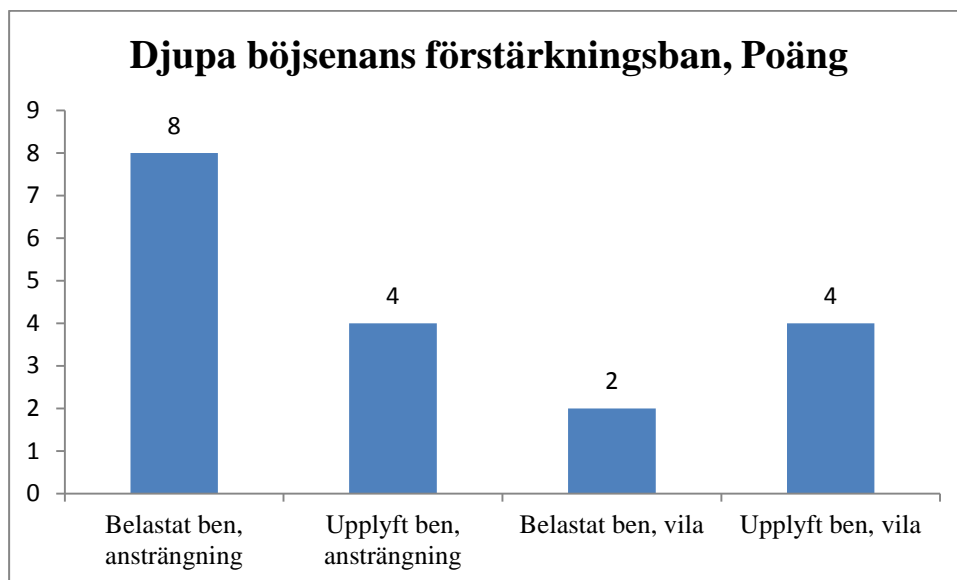
Figur 12. Visar jämförelse mellan de olika undersökningsmetoderna, de kärl som hittades har graderats enligt författarens poängsystem. Häst nummer två är exkluderad.



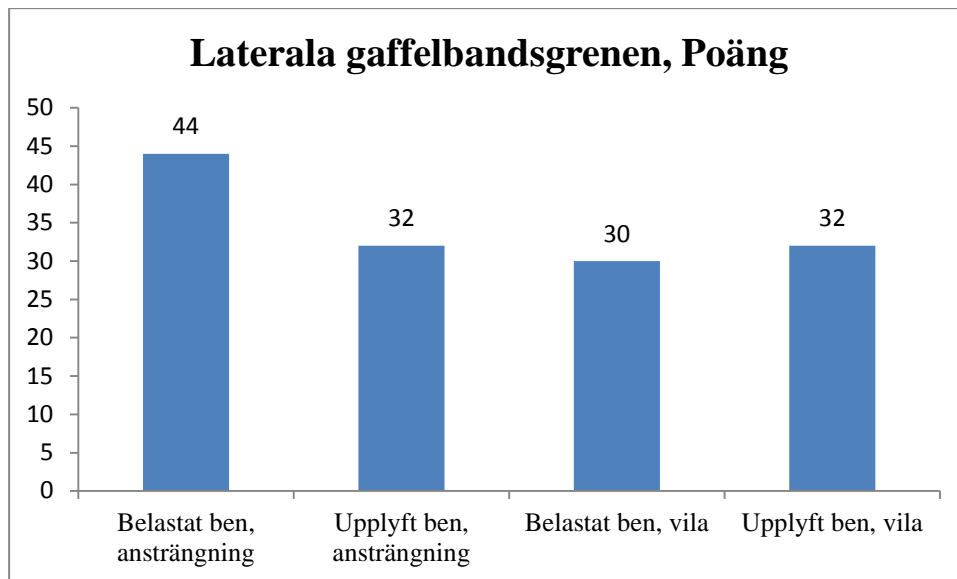
Figur 13. Poängsättning enligt författarens poängsystem vid undersökning av ytliga böjsenan, samtliga hästar utan häst nummer två är inkluderade.



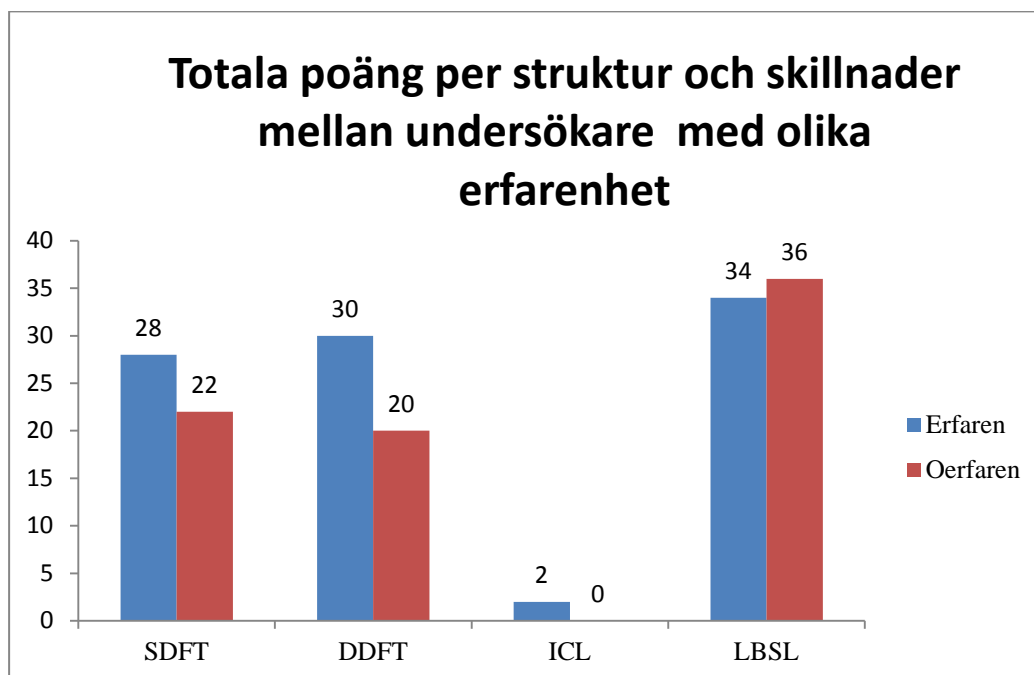
Figur 14. Poängsättning enligt författarens poängsystem vid undersökning av djupa böjsenan, samtliga hästar utan häst nummer två är inkluderade.



Figur 15. Poängsättning enligt författarens poängsystem vid undersökning av djupa böjsenans förstärkningsband, samtliga hästar utan häst nummer två är inkluderade.



Figur 16. Poängsättning enligt författarens poängsystem vid undersökning av gaffelbandet, samtliga hästar utan häst nummer två är inkluderade.



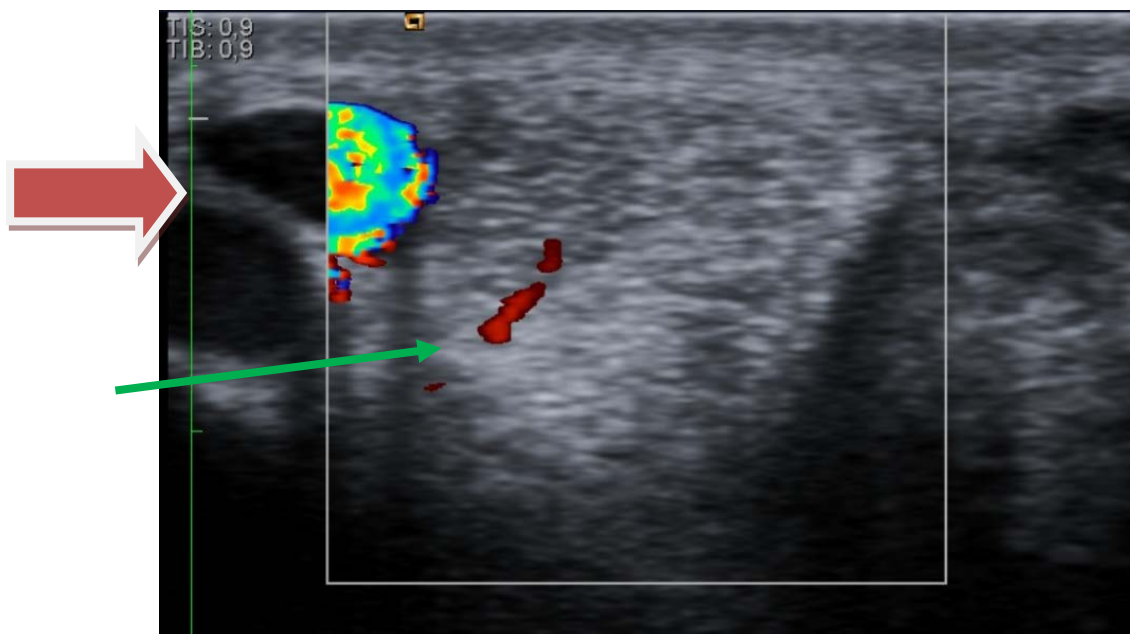
Figur 17. Jämförelse i antal poäng mellan erfaren och oerfaren ultraljudsundersökare vid dopplerultraljudsundersökning av samtliga hästar vid belastat ben efter vila.

SDFT = Ytliga böjsenan (superficial digital flexor tendon)

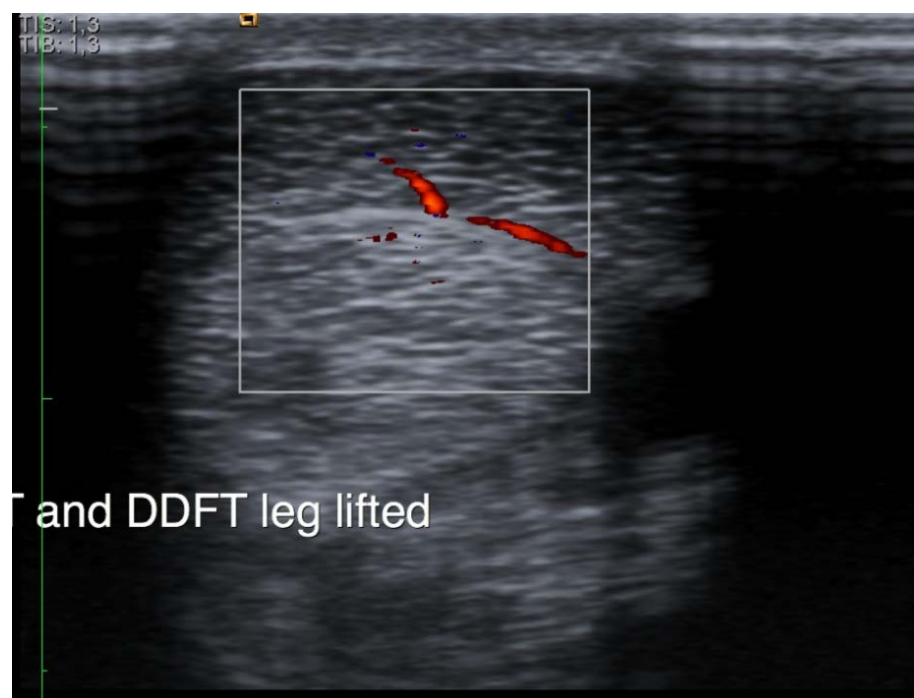
DDFT = Djupa böjsenan (deep digital flexor tendon)

ICL = Djupa böjsenans förstärkningsband (inferior check ligament)

LBSL = Lateralala gaffelbandsgrenen (lateral branch of the suspensory ligament)



Figur 18. Transversell bild tagen på belastat ben i ett palmarolateralt fönster vid undersökning av den laterala gaffelbandsgrenen. Inne i gaffelbandet ses ett kärl med typisk lokalisation av kärl i laterala gaffelbandsgrenen löpande från den abaxiala ytan i en palmarolateral riktning in mot den centrala delen av gaffelbandsgrenen (grön pil). Uppe i vänstra hörnet ses den palmarolaterala digitalartären och -ven (stor röd pil).



Figur 18. Transversell bild tagen på upplyft ben i ett palmart fönster vid den proximala regionen vid undersökning av den ytliga och djupa böjsenan. I vilden ses typisk lokalisation för kärl mellan djupa och ytliga böjsenan som går in i ytliga böjsenan.

DISKUSSION

Det var vanligt att detektera kärl i de senor och ligament som vi undersökte i kliniskt normala metakarpalregioner i de hästar som vi undersökte. Kärl hittades i samtliga undersökta strukturer; i gaffelbandet detekterades kärl i alla sju hästar och vid alla undersökningar utom en, i djupa böjsenan detekterades kärl i sju alla hästar och vid fler än hälften av undersökningarna, i ytliga böjsenan detekterades kärl i sex av sju hästar och vid fler än hälften av undersökningarna, och i djupa böjsenans förstärkningsband hittades kärl i två av sju hästar och vid var femte undersökning. I tidigare studier har blodkärl i dessa strukturer endast hittats i hästar med senskador (Kristoffersen *et al.*, 2005; Boesen *et al.*, 2007). Dessa resultat stödjer studiens hypotes. Då det finns flera likheter avseende både struktur och komposition i senor och ligament hos människa och häst, framförallt mellan akillessenan och ytliga böjsenan (Dowling *et al.*, 2000), och Boesen *et al.* (2007) såg vaskularisering med ultraljud Doppler på kliniskt normala akillessenor, kunde det antas att kärl gick att finna även på hästar. Att det är första gången det rapporteras att kärl kan ses med ultraljud Doppler i senor och ligament på kliniskt normala hästar kan synas anmärkningsvärt. De resultat som vi fick ut av denna studie skiljer sig från tidigare studier i vilka fokus visserligen har varit hästar med senskador, men där inga kärl hittats i kliniskt normala senor eller ligament (Kristoffersen *et al.*, 2005; Boesen *et al.*, 2007). Att kärl förr eller senare skulle ses i kliniskt normala senor och ligament är måhända inte så förvånande med tanke på den ständiga teknikutvecklingen i relation till kunskapen om att vaskularisering i ligament och senor är normalt förekommande (Strömberg, 1971; Sønnichsen, 1972; Dyson, 1995; Kraus-Hansen *et al.*, 1992; Beck *et al.*, 2011). Förr eller senare blir alltså tekniken så utvecklad att dessa kärl syns med den modernaste apparaturen. Att till och med författaren som är ytterst oerfaren inom ultraljudsundersökningsteknik kunde hitta kärl i så pass många strukturer visar på detta.

Eftersom den enda informationen som finns i litteraturen som handlar om Dopplerultraljud detekterbara blodkärl i senor och ligament på hästar, handlar om deras närvaro i skadade senor och ligament, så är risken att alla senor och ligament där blodkärl detekteras med Dopplerultraljud antas vara skadade. Resultatet av denna studie visar att så inte är fallet. Nu behövs fler studier för att fastslå en gräns mellan normal och patologisk vaskularisering. Boesen *et al.* (2006) skriver om faktorer som kan påverka hur blodkärl detekteras i senor på människor som även kan vara behöver tas hänsyn till när man undersöker hästar så som tid på dygnet och hudtemperatur. Kriterier som skulle kunna användas för att skilja normalt från patologiskt kan vara flödeshastighet, storlek, antal, utseende och position av detekterade kärl. Detta bör göras dels i kliniskt normala senor och ligament och dels då dessa strukturer varit skadade och är under läkning. Det är viktigt med tanke på senors anisotropi att de undersöks från flera olika vinklar och från olika fönster. Att även jämföra med ultraljudsfynd med histologi vore intressant.

Att kärl hittades så frekvent i gaffelbandet skulle kunna bero på att gaffelbandet är en senomvandlad muskel med viss kvarvarande muskelvävnad, framförallt proximalt. Muskelvävnad har generellt större kärl och är mer vaskuliserad än senvävnad. Att färre kärl hittades i djupa böjsenans förstärkningsband skulle kunna förklaras med att djupa böjsenans förstärkningsband är mindre vaskulariserat än övriga undersökta strukturer, eller att djupt

liggande kärl är svårare att se med hjälp av ultraljud. Intressant är också att kärl ofta återfanns inom samma område i flera av de undersökta hästarna, vilket stödjer att dessa är del av en normal anatomi snarare än ett resultat av skada.

Det var i denna studie inte enklare att hitta kärlen på obelastat ben jämfört med belastat. Endast i djupa böjsenans förstärkningsband och i gaffelbandet hittades fler kärl på upplyft ben och då endast efter att hästen hade vilat. Tidigare studier, vid vilka man konstaterat att kärl lättast hittas på obelastat ben, har genomförts på hästar med senskador (Kristoffersen *et al.*, 2005; Boesen *et al.*, 2007). Artärer med högt flöde är lätta att detektera medan vener med tunna väggar lättare kollapsar när benet belastas och proportionen dem emellan samt antal och storlek kan antas vara annorlunda mellan skadade och normala senor. Skillnaden mellan våra resultat och de resultat som Kristoffersen *et al.* (2005) samt Boesen *et al.* (2007) fick i sina respektive studier kan därför bero på en annorlunda struktur och organisation av kärlen i en skadad sena jämfört med en normal. Detta skulle kunna leda till att det är en större skillnad i blodflöde mellan belastat och upplyft ben på en skadad sena jämfört med en normal sena. Skillnader i resultat mellan våra och de resultat Kristoffersen *et al.* (2005) och Boesen *et al.* (2007) fick i sina studier kan alltså bero på att hästarna i studien inte hade senskador men också på att hästarna i vår studie undersöktes i en undersökningsspilta. När hästen står sederad i spiltan står den gärna och lutar sig vilket gör att de lätt blir vingliga, detta leder till att rörelseartefakter, framförallt blixterartefakter. Många hästar gillar inte heller att stå länge med ett ben upplyft, detta ger kortare till för undersökning. Den anatomiska orienteringen på upplyft ben är även svårare då olika strukturer förskjuts från sina lägen vid belastning. Var hästarna stod vid undersökningstillfället i de andra studierna framgår inte.

När det gäller ansträngning och dess påverkan på antal detekterade kärl skiljde det något mellan de olika strukturerna. I djupa och ytliga böjsenan var det snarare enklare att finna kärl på en vilad häst än på en ansträngd. Däremot sågs fler kärl i djupa böjsenans förstärkningsband och i gaffelbandet efter ansträngning. Dessa resultat skiljde sig något från tidigare studier som funnit det generellt enklare att hitta kärl på ansträngda hästar med skador i ytliga böjsenan, djupa böjsenans förstärkningsband eller gaffelbandet (Kristoffersen *et al.*, 2005; Boesen *et al.*, 2007). För undersökning efter ansträngning fanns för övrigt en svag trend att samma antal kärl sågs, men att de då oftare var longitudinella, framförallt i djupa böjsenans förstärkningsband och gaffelbandet. En faktor som kan påverka resultatet är även att ultraljudsundersökaren vid andra undersökningstillfället, då hästen vilat, redan hade undersökt hästen och därmed visste var kärlen kunde förväntas återfinnas. Hästarna var också påtagligt lugnare vid andra undersökningstillfället då de istället för att komma direkt från en transport och därpå följande lameness-locator utredning och longering kom från en lugn box. Att de också hade erfarenheten att det inte var farligt att bli ultraljudsundersökt påverkade även det att hästarna var enklare att undersöka.

Den erfarna ultraljudsundersökaren hittade fler kärl än den oerfarne i undersökningen av djupa och ytliga böjsenan samt djupa böjsenans förstärkningsband, medan den oerfarne hittade fler i gaffelbandet. Den erfarna hittade sammantaget enklare och oftare fler än ett kärl i strukturerna jämfört med den oerfarne. Jag skulle tro att erfarenheten fällde avgörandet då det

gäller undersökningen av de förstnämnda strukturerna som med fördel kan undersökas från olika vinklar. Vid undersökningen av gaffelbandet var det tålamod och tid som krävdes och området var tekniskt enklare att undersöka och orientera sig i för en oerfaren ultraljudsundersökare. Den oerfarne undersökaren hade också fördelen att han precis sett den erfarne undersöka hästen och visste var och hur kärlen som fanns i strukturerna såg ut. Att veta var kärlen kan återfinnas och dess utseende är en stor fördel som underlättar väsentligt då undersökaren vet var han bör fokusera sin undersökning. Den erfarne undersökaren till viss del samma fördel då han på morgonen undersökt samma häst och då sett var kärlen gick att finna.

Författaren som tolkade bilderna subjektivt såg de fokala signalerna som representerande ett troligt kärl som ses transversalt. I de fall kärlet istället har en oval eller linjär utbredning är säkerheten större att det verkligen representerar ett kärl. Att ett synbart kärl på bildskärmen verkligen representerar ett kärl i verkligheten kan alltid diskuteras, därför är det viktigt att kunna observera kärlet åtminstone en någon sekund för att utesluta att det rör sig om en artefakt eller störning. För att åskådliggöra skillnaden i resultat mellan undersökningsformerna poänggavs därför linjära kärl högre än fokala. Om möjligheten fanns att undersöka strukturerna histologiskt efter ultraljudsundersökningen hade det varit möjligt att med nästan absolut säkerhet säga om signalen representerade ett kärl eller ej.

Kliniska försök utförda på hästar kritiserar ofta för att studiegruppen är alltför begränsad. För att undersöka områden där en liten variation finns inom populationen räcker ett mindre material för att svara på frågeställningen medan det behövs ett större material där variationen inom populationen är större. Då det i denna studie hittades kärl i samtliga sju hästar under någon undersökning kan man dock med säkerhet svara på frågan om det går att se kärl i de undersökta strukturerna. Ett större material hade gett en större säkerhet för att konstatera till exempel om hur många kärl som vanligen återfinns i respektive struktur. Ytterligare en svaghet i studien är att endast en av sju hästar var helt symmetrisk enligt subjektiv bedömning och lameness locator, dock visar flera studier samt klinisk erfarenhet att flertalet hästar är asymmetriska enligt systemet på ett eller flera ben.

SLUTSATS

Kärl hittades i samtliga undersökta strukturer vid någon undersökning. Kärl hittades också i alla undersökta hästar. Det var något svårare att se kärl i djupa och ytliga böjsenan på obelastat ben och medan fler kärl ses på obelastat ben i djupa böjsenans förstärkningsband samt gaffelbandet. Det var något svårare att se kärl efter ansträngning i djupa och ytliga böjsenan och något enklare i djupa böjsenans förstärkningsband samt gaffelbandet. Skillnad i resultat mellan erfarne och oerfaren ultraljudsundersökare kunde ses. Studien visar att kärl i ultraljudsdopplerdetekterbara kärl i de undersökta strukturerna inte alltid kan ses som patologiska, mer forskning för att skilja normalt från patologiskt när det gäller vaskularisering i senor och ligament på hästar behövs.

TACK TILL

Först av allt vill jag tacka min bortgångne farfar Folke Nilsson för all inspiration han gett mig. Sedan vill jag tacka mina duktiga och hjälpsamma handledare Charles Ley, Marie Rhodin och Helena Pettersson. Tack!

REFERENSER

Alberts, B. Bray, D. Hopkin, K. Johnson, A. Lewis, J. Raff, M. Roberts, K. & Walter, P. (2004) Membrane Transport. *Essential cell biology*. 2. Ed. New York : Garland Science 389-425

Alfredson, H., & Lorentzon, R. (2002) Chronic tendon pain: no signs of chemical inflammation but high concentrations of the neurotransmitter glutamate. Implications for treatment?, *Current Drug Targets*, Vol. 3, Num. 1, 43-54

Alfredson, H. & Öhberg, L. (2005) Neovascularisation in chronic painful patellar tendinosis – promising results after sclerosing neovessels outside the tendon challenge the need for surgery. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 13, 74-80

Alfredson, H. & Öhberg, L. (2005) Sclerosing injections of neo-vascularisation reduce pain in chronic Achilles tendinopathy: a double-blind randomised controlled trial, *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 13, 338-344

Alfredson, H., Harstad, H., Haugen, S. & Öhberg, L. (2006) Sclerosing polidocanol injections to treat chronic painful shoulder impingement syndrome – results of a two-centre collaborative pilot study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 14, 1321-1326

Beck, S., Blunden, T., Dyson, S. & Murray, R. (2011) Are matrix and vascular changes involved in the pathogenesis of deep digital flexor tendon injury in the horse? *Vet. J.*, 189, 289-295

Bjur, D., Alfredson, H. & Forsgren, S. (2005) The innervation pattern of the human Achilles tendon: studies of the normal and tendinosis tendon with markers for general and sensory innervations. *Cell and Tissue Research*, 320, 201-206

Boesen, M. I., Koenig, M. J., Torp-Pedersen, S., Bliddal, H. & Langberg, H. (2006) Tendinopathy and Doppler activity: the vascular response of the achilles tendon to exercise. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 16, 463-469

Boesen, M. I., Nanni, S., Langberg, H., Boesen, M., Falk-Ronne, J., Bliddal, H. & Torp-Pedersen, S. (2007) Colour Doppler ultrasonography and sclerosing therapy in diagnosis and treatment of tendinopathy in horses – a research model for human medicine. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 15, 935-939

Bosch, G., Moleman, M., Barneveld, A., van Weeren, P. R. & van Schie H. T. M. (2011) The effect of platelet-rich plasma on the neovascularization of surgically created equine superficial digital flexor tendon lesions. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 21, 554-561

Conelly, D. J. A., Berman, L. & McNally, E. G. (2001) The use of beam angulation to overcome anisotropy when viewing human tendon with high frequency linear array ultrasound. *British Journal of Radiology*. 74, 183-185

Craychee T. J. (1995) Ultrasonographic evaluation of equine musculoskeletal injury. I Nyland T. G. & Mattoon J. S. (Red.) *Veterinary Diagnostic Ultrasound*. Philadelphia : WB Saunders Company, 268

Crowe, O. W., Dyson S. J., Wright., I. M., Schramme, M. C. & Smith, R. K. W., (2004) Treatment of chronic or recurrent proximal suspensory desmitis using radial pressure wave therapy in the horse. *Equine Veterinary Journal*, 36, 313-316

Davis, C. S., Smith, R. K. W. (2006). Diagnosis and Management of Tendon and Ligament Disorders. I Auer, J. A. & Stick, J. A, (Red.) *Equine surgery*, 3. Ed. Philadelphia: Elsevier, 1086-1111

Dowling, B. A., Dart, A. J., Hodgson., D. R. & Smith R. K. W. (2000) Superficial digital flexor tendonitis in the horse. *Equine Veterinary Journal*, 32, 369-378

Dyson S. (1991) Proximal Suspensory desmitis: clinical ultrasonographic and radiographic features. *Equine Veterinary Journal*, 23, 25-31

Dyson S. (1995) *Problems encountered in equine lameness diagnosis with special reference to local analgesic techniques, radiology and ultrasonography*, Diss. Helsingfors Universitet, R & W Publications, Newmarket, Suffolk

Dyson S. J. (2004) Medical Management of superficial digital flexor tendonitis: a comparative study in 219 horses (1992-2000). *Equine Veterinary Journal*, 36, 415-419

Dyce K. M., Sack W. O., & Wensing C. J. G. (2002) The Forelimb of the Horse. *Textbook of Veterinary Anatomy*. 3. ed., Philadelphia : WB Saunders Company 568-605

Genovese, R. L. & Rantanen, N. W. (1998) The Superficial Digital Flexor Tendon. I Rantanen, N. W. & McKinnon, A. O. (Red.) *Equine Diagnostic Ultrasonography*. Baltimore : Williams & Wilkins, 289-398

Gisslén, K. & Alfredson, H. (2005) Neovascularisation and pain in jumper's knee: a prospective clinical and sonographic study in elite junior volleyball players. *British Journal of Sports Medicine*, 39, 423-428

Gisslén, K., Gyulai, C., Nordström, P. & Alfredson, H. (2007) Normal clinical and ultrasound findings indicate a low risk to sustain jumper's knee patellar tendinopathy: a longitudinal study on Swedish elite junior volleyball players. *British Journal of Sports Medicine*, 41, 253-258

Haffling, P. (2011) Personligt meddelande baserat på en ännu ej publicerat examensarbete, veterinärprogrammet, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.

Junqueira, L. C. & Carneiro, J. (2005) The Circulatory System. *Basic Histology*, 11. ed. USA : The McGraw-Hill Companies Inc. 205-222

Keegan, K. G., Yonezawa, Y., Pai, F. P., Wilson, D. A. & Kramer, J. (2004) Evaluation of a sensor-based system of motion analysis for detection and quantification of forelimb and hind limb lameness in horses. *American Journal of Veterinary Research* 65, 665-70

Koenig, M. J., Torp-Pedersen, S., Qvistgaard, E., Terslev, L. & Bliddal, H. (2004) Preliminary results of colour Doppler-guided intratendinous glucocorticoid injection for Achilles tendonitis in five patients. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 14, 100-106

Kraus-Hansen, A. E., Fackelman, G. E., Becker, C., Williams, R. M. & Pipers F. S. (1992) Preliminary studies on the vascular anatomy of the equine superficial digital flexor tendon. *Equine Veterinary Journal*, 24, 46-51

Kristoffersen, M., Öhberg, L., Johnston, C. & Alfredson, H. (2005) Neovascularisation in chronic tendon injuries detected with colour Doppler ultrasound in horse and man: implications for research and treatment. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 13, 505-508

Lind, B., Öhberg, L. & Alfredson, H. (2006) Sclerosing polidocanol injections in mid-portion Achilles tendinosis: remaining good clinical results and decreased tendon thickness at 2-year follow-up. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 14, 1327-1332

McIlwraith, W. C. (2001) Ligaments and related structures. I Stashak, T. S. *Adams' lameness in horses*. 5. ed. Baltimore : Lippincott Williams & Wilkins, 459-644

Nyland, T. G., Matton J. S., Herrgesell, E. J. & Wisner, E. J. (2002) Physical principles, instrumentation, and safety of diagnostic ultrasound. I Nyland, T. G. & Matton J. S. (Red.) *Small Animal Diagnostic Ultrasound*, 2. ed. Philadelphia : WB Saunders Company, 1-18

Smith, R. & Schramme, M. (2003) Tendon injury in the horse: current theories and therapies. *In Practice*, 25, 529-539

Stashak, T. S. (2001) Examination for Lameness. I Stashak, T. S. *Adams' lameness in horses*. 5. ed. Baltimore : Lippincott Williams & Wilkins, 113-183

Strömberg, B. (1971) The normal and diseased superficial flexor tendon in race horses. A morphological and physiologic investigation. *Acta Radiologica Supplementum*, 305, 1-94

Strömberg, B. (1983) Senskadornas etiologi och patogenes. *Svensk Veterinärtidning, Supplement 3, Nordiskt Forsellsymposium 1982*. 161-163

Sønnichsen, H. V. (1972) Blood supply of the superficial flexor tendon in the horse, as measured by the radiosodium clearance test. *Acta Radiologica Supplementum*, 319, 31-35

Sønnichsen, H. V. (1976) Tendinitis hos hesten. Köpenhamn : A/S Carl Fr. Mortensen, 20-24

Terslev, L., Qvistgaard, E., Torp-Pedersen, S., Laetgaard, J., Danneskiold-Samsøe, B. & Bliddal, H. (2001) Ultrasound and Power Doppler findings in jumper's knee – preliminary observations. *European Journal of Ultrasound*, 13, 183-189

Torp-Pedersen, S. T. & Terslev L. (2008) Settings and artefacts relevant in colour/power Doppler ultrasound in rheumatology. *Annals of the rheumatic diseases*, 67, 143-149

Zeisig, E., Öhberg, L & Alfredson, H. (2006) Sclerosing polidocanol injections in chronic painful tennis elbow – promising results in a pilot study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 14, 1218-1224

Öhberg, L. Lorentzon, R. & Alfredson, H. (2001) Neovascularisation in Achilles tendons with painful tendinosis but not in normal tendons: an ultrasonographic investigation. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 9, 233-238

Figur 1,2,3 och 7 ritade av Olof Sjöbring, veterinärstudent årkurs 6, bilderna används med vederbörligt tillstånd.

Figur 4, tagen av August Nilsson.

Figur 5 och 6, fotograf Fredrik Södersten universitetsadjunkt, institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap, avdelningen för patologi, SLU, bilden används i arbetet med fotografens tillstånd.

Figur 8,9,18 och 19 tagna av Charles Ley på ultraljudsapparaten vid undersökningarna i studien, bilden används med vederbörligt tillstånd.

Figur 10-17, skapade av August Nilsson i Microsoft Excel.